

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

ВІСНИК

**Східноукраїнського
національного університету
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

**№ 9 (198) Ч.1
2013**

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

Луганськ 2013

ВІСНИК

СХІДНОУКРАЇНСЬКОГО
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

№ 9(198) 2013

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ
ЗАСНОВАНО У 1996 РОЦІ
ВИХІД З ДРУКУ - ВІСІМНАДЦЯТЬ РАЗІВ НА РІК
Засновник

Східноукраїнський національний університет
імені Володимира Даля

Журнал зареєстровано
в Міністерстві юстиції України
Свідоцтво про державну реєстрацію
серія КВ № 15607-4079ПР
від 18.08.2009 р.

VISNIK

OF THE VOLODYMYR DAHL EAST
UKRAINIAN NATIONAL UNIVERSITY

№ 9 (198) 2013

THE SCIENTIFIC JOURNAL
WAS FOUNDED IN 1996
IT IS ISSUED EIGHTEEN TIMES A YEAR
Founder

Volodymyr Dahl East Ukrainian National
University

Registered by the Ministry
of Justice of Ukraine
Registration Certificate
KB № 15607-4079ПР
dated 18.08.2009

Журнал включено до Переліків наукових видань ВАК України (Бюл. ВАК №3 2010 р.), (Бюл. ВАК №5 2010 р.), (Бюл. ВАК №3 2010 р.), (Бюл. ВАК №11 2010 р.), (Бюл. ВАК №7 2011 р.) в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук з *технічних, економічних, історичних, хімічних та фізико-математичних наук* відповідно.

ISSN 1998-7927

Головна редакційна колегія:

Голубенко О.Л., член-кор. Національної академії педагогічних наук, докт. техн. наук (головний редактор),

Осенін Ю.І., докт. техн. наук (заступник головного редактора),

Смирний М.Ф., докт. техн. наук (заступник головного редактора),

Ver R., dr hab,

Idjer M., dr hab,

Krasowski E., dr hab,

Будіков Л.Я., докт. техн. наук,

Гутько Ю.І., докт. техн. наук,

Дейнека І.Г., докт. техн. наук,

Куликов Ю.А., докт. техн. наук,

Нечаєв Г.І., докт. техн. наук,

Носко П.Л., докт. техн. наук,

Рач В.А., докт. техн. наук,

Соколов В.І., докт. техн. наук,

Ульшин В.О., докт. техн. наук,

Чернецька-Білецька Н.Б., докт. техн. наук,

Шарка М., dr hab,

Рамазанов С.К., докт. техн. наук, докт. екон. наук,

Бузько І.Р., докт. екон. наук,

Козаченко Г.В., докт. екон. наук,

Максимов В.В., докт. екон. наук,

Третяк В.В., докт. екон. наук,

Даніч В.М., докт. екон. наук,

Заблюцька І.В., докт. екон. наук,

Свірідова Н.Д., докт. екон. наук,

Чернявська Є.І., докт. екон. наук,

Арлінський Ю.М., докт. фіз.-мат. наук,

Голубничий П.І., докт. фіз.-мат. наук,

Філоненко А.Д., докт. фіз.-мат. наук,

Горшков В.Н., докт. фіз.-мат. наук,

Nowakowski A., dr. hab,

Галстян Г.А., докт. хім. наук,

Глікін М.А., докт. техн. наук,

Захаров І.І., докт. хім. наук,

Кондратов С.О., докт. хім. наук,

Кудюков Ю.П., докт. хім. наук,

Суворін О.В., докт. техн. наук,

Новаков В.П., докт. хім. наук,

Голосман Е.З., докт. хім. наук.,

Chernyavskij G., dr. hab,

Gadushova Z., dr hab,

Довжук І.В., докт. іст. наук,

Михайлюк В.П., докт. іст. наук,

Сергієнко Ю.Г., докт. іст. наук,

Євдокимов М.О., докт. іст. наук,

Санжаров С.М., докт. іст. наук,

Фомин А.И., докт. іст. наук,

Єліна О.Ю., докт. іст. наук,

Відповідальний за випуск: Губачева Л.О., докт. техн. наук, проф.

Рекомендовано до друку Вченою радою Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля (Протокол № 10 від 26 06 2013р.)

Матеріали номера друкуються мовою оригіналу.

© Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, 2013

© Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 2013

З М І С Т

Голубенко А.Л., Губачева Л.А., Андреев А.А., Мокроусов С.Д. ОСОБЕННОСТИ РАМЫ ТЕЛЕЖКИ ГРУЗОВОГО ВАГОНА И УСТАЛОСТНАЯ ВЫНОСЛИВОСТЬ	7
Андреев А. А., Андреев С. А. О ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ	17
Буря О.І., Сафонова А.М., Губачева Л.О. СТРУКТУРА ТА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВУГЛЕПЛАСТИКІВ НА ОСНОВІ ФЕНІЛОНУ С-2, АРМОВАНИХ МЕТАЛОВМІСНИМИ ВУГЛЕЦЕВИМИ ВОЛОКНАМИ	23
Гринкевич К.Э., Цирюльник А.Т., Роман Е., Невшупа Р.А. МЕХАНИЧЕСКИЕ И ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГАЗОВЫДЕЛЕНИЯ ТРУБОПРОВОДНЫХ СТАЛЕЙ КАК ФУНКЦИЯ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ЛЕГИРОВАНИЯ ВОДОРОДОМ	29
Губачева Л.О., Леонова С.А. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОДЕРНИЗИРОВАННЫХ ВАГОНОВ- ХОППЕРОВ С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ ДЛЯ САМОРАЗГРУЗКИ	Ошибка! Закладка не определена.
Губенко В.К., Лямзин А.А., Хара М.В. СИТИЛОГИСТИКА МУНИЦИПАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА	41
Гутаревич В.О. ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗВИЛИСТОГО ДВИЖЕНИЯ ТЕЛЕЖЕК ПОДВЕСНОЙ МОНОРЕЛЬСОВОЙ ДОРОГИ	45
Даренский А.Н., Клименко А.В. ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПУТИ И ПОДВИЖНОГО СОСТАВА В ЗОНЕ РЕЛЬСОВЫХ СТЫКОВ ПРИ ДИСКРЕТНОМ ПОДРЕЛЬСОВОМ ОСНОВАНИИ	49
Иванов И. А., Потахов Д. А., Урушев С. В. ВАРИАНТЫ ОЦЕНКИ РЕЖИМОВ ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЦЕЛЬНОКАТАНЫХ КОЛЕС	54
Льчишин В. М. АНАЛІЗ НАДІЙНОСТІ БУКОВИХ ПІДШИПНИКІВ КРИТИХ ВАГОНІВ	59
Жилинков А.А. МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ ДВИЖЕНИЯ БОЛЬШЕГРУЗНЫХ АВТОПОЕЗДОВ НА ПЕРЕВОЗКАХ МЕТАЛЛОПРОДУКЦИИ	65
Майорова І.М. ФОРМУВАННЯ І ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМ ІНДУСТРІАЛЬНОГО МІСТА	71
Макарова И.В., Хабибуллин Р.Г., Буйвол П.А., Габсалихова Л.М. УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ АВТОСЕРВИСНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ	77
Макарова И.В., Хабибуллин Р.Г., Валиев И.И. ВОЗМОЖНОСТИ СЦЕНАРНОГО АНАЛИЗА ПРИ РАЗРАБОТКЕ СТРАТЕГИИ ПЕРЕВОДА АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА НА ГАЗОМОТОРНОЕ ТОПЛИВО	83
Маринцева К.В. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ УМОВИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕКСПРЕС-АВІАПЕРЕВІЗНИКА	89
Маслак А.В. ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА В УСЛОВИЯХ РОСТА ДИНАМИКИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА	95
Маслак А.В., Киричева Е.В., Парунакян В.Э. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СООТНОШЕНИЯ ОБЪЕМОВ ПЕРЕРАБОТКИ ВАГОНОПОТОКОВ И ВМЕСТИМОСТИ ПУТЕЙ СТАНЦИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ	100
Мурад М.А., Альали А.Ю., Альраджи Дж. А. СРАВНЕНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ГИБРИДНОГО АВТОМОБИЛЯ	105
Николаенко И.В. ОРГАНІЗАЦІЙНА СТРУКТУРА ГОРОДСКОГО ЦЕНТРА КОНСОЛІДАЦІИ ГРУЗОПОТОКОВ	110
Парунакян В.Э., Сизова Е.И. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРИЁМА И ВЫГРУЗКИ МАССОВОГО СЫРЬЯ В ТРАНСПОРТНО-ГРУЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ АГЛОФАБРИКИ С УЧЁТОМ ЕГО ДИНАМИКИ	115
Перевалова О.Б., Панин А.В., Кретова О.М. ВОДОРОД В ТЕХНИЧЕСКОМ ТИТАНЕ	121
Помазков М.В. ПРИКЛАДНА ПРОБЛЕМА СИТИЛОГИСТИКИ КРУПНИХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ	126
Попов В.А., Коровина М.С., Щербаков А.В. МАГНИТОАКУСТИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ЭСКАЛАТОРОВ ПЕТЕРБУРГСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА	131
Савранский В.В., Невшупа Р.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ГАЗОВЫДЕЛЕНИЯ В ВАКУУМЕ ИЗ ШАРИКОПОДШИПНИКОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ	139

Сулейманов И.Ф., Маврин Г.В., Макарова И.В. ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ГОРОДА АВТОТРАНСПОРТОМ И ПРОМЫШЛЕННЫМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ НА ОСНОВАНИИ РАСЧЕТНЫХ МЕТОДОВ.....	145
Тартаковский Е.Д., Михеев С.О. МОДЕЛЬ ВЫБОРУ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК ПРИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЛОКОМОТИВІВ.....	151
Туранов Х.Т., Псеровская Е.Д. НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗМЕЩЕНИЯ ГРУЗОВ НА ВАГОНЕ.....	154
Фалендиш А.П., Сумцов А.Л., Трубіхін О.В., Білецький Ю.В. ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ЦЕНТРАЛІЗОВАНИХ СИСТЕМ ЗМАЩЕННЯ НА МАНЕВРОВИХ ТЕПЛОВОЗАХ ПРОМИСЛОВОГО ТРАНСПОРТУ.....	159
Чебаков М.И., Ляпин А.А., Колесников И.В. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТОРМОЗНОЙ КОЛОДКИ И ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО КОЛЕСА С УЧЕТОМ ТЕПЛОТЫДЕЛЕНИЯ ОТ ТРЕНИЯ.....	164
Чернов А.И. Рошупкин В.В., Покрасин М.А. ПРЕЦИЗИОННЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛООВОГО РАСШИРЕНИЯ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ.....	169
Шабарова Э.В. ЛОГИСТИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ РОССИЙСКОГО УЧАСТКА ЧКАДА (в агломерации Большой Сочи 2014-2030гг.).....	179
Шабарова Э.В. ЛОГИСТИКА ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК В КРУПНОМ ГОРОДЕ И АГЛОМЕРАЦИИ.....	193
Башков В.М., Панфилов А.М., Шенкман Г.Л. ОСОБЕННОСТИ ЭНЕРГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАГНЕТАТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ТЕПЛОВОЗОВ.....	214
Дядичев В.В., Колесников А. В., Гапонов А.В. АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ СОЗДАНИЯ РАСПИСАНИЯ ВУЗОВ.....	218
Мокроусов С.Д., Анофриев А.Д., Найш Н.М., Макаров К.В. СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ ВАГОНОСТРОЕНИЯ НА ЧАО «НПЦ «ТРАСМАШ» до 2020 года.....	223
Стоянов А.А. ИССЛЕДОВАНИЕ УПЛОТНЕНИЯ ПОРОШКОВОЙ СРЕДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ ПЛАСТИЧНОСТИ НЕСЖИМАЕМОГО ЖЕСТКО-ПЛАСТИЧЕСКОГО ТЕЛА.....	227
Тананко Дмитрий, Огден Даг, Губачева Л.А. К ВОПРОСУ НАДЕЖНОСТИ НА ТРАНСПОРТЕ.....	231
Щербаков В.П. ВИГОТОВЛЕННЯ СУХАРЯ ФРИКЦІЙНОГО ДЕМПФЕРА ФОРМУВАННЯ В ЗАКРИТОМУ ШТАМПІ.....	236
Баглюк Г. А., Богачёва А. Г, Мамонова А. А., Тихонова И. Б. ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ПРИ НАГРЕВЕ ПОРОШКОВОЙ ШИХТЫ СИСТЕМЫ TiN ₂ - Mn-Si-Fe-C.....	240
Слободянюк М.Э., Нечаев Г.И. ОЦЕНКА ВРЕМЕНИ ПРОХОЖДЕНИЯ ГРУЗОПОТОКА ПО ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ.....	246
Колодяжна Л.Г. ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТА ВОДНОГО ТРАНСПОРТУ.....	248
Шевченко Д.Ю. НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТ ПО УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ТРАНСПОРТА.....	255

CONTENTS

Golubenko A.L., Gubacheva L.A., Andreev A.A., Mokrousov S.D. FEATURES THE BOGIE FRAME FREIGHT WAGONS AND FATIGUE STRENGTH	7
Andreev A. A., Andreev S. A. FOR IMPROVING THE EFFICIENCY GAS VEHICLES	17
Burya A., Safonova A., Gubacheva THE STRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF CARBON PLASTICS ON THE BASIS OF PHENYLONE C-2, REINFORCED BY METAL-CONTAINING CARBON FIBERS.....	23
Grinkevych K.E., Tsyrlunyk O.T., Roman E., Nevshupa R. MECHANICAL AND TRIBOLOGICAL CHARACTERISTICS OF GAS-MAIN PIPELINE STEELS AS FUNCTION OF ELECTROLYTIC HYDROGEN DOPING	29
Gubacheva L.A., Leonova S.A. EVALUATION OF ECONOMIC EFFICIENCY OF USE OF MODERNIZED HOPPER CARS WITH ELECTRICAL EQUIPMENT FOR SELF-DISCHARGE	Ошибка! Закладка не определена.
Gubenko V.K., Lyamzin A.A., Khara M.V. CITY LOGISTICS MUNICIPAL ELECTRIC TRANSPORT	41
Gutarevych V. RESEARCH OF NOSING MOTION OF SUSPENDED MONORAIL CARRIAGE	45
Darenskiy A.N., Klimenko A.V. FEATURES OF CALCULATIONS OF CO-OPERATION OF WAY AND MOBILE COMPOSITION IN THE AREA OF CLAOTYPE JOINTS AT DISCRETE SUBCLAOTYPE FOUNDATION.....	49
Ivanov I. A., Potakhov D. A., Urushev S. V. VARIANTS OF SOLID-ROLLED WHEELS RECOVERY PROCESS MODES EVALUATION.....	54
Ilichshyn V. THE ANALYSIS OF RELIABILITY OF AXLEBOXES BEARINGS OF COVERED FREIGHT CARS	59
Zhilinkov A. MODELLING OF MODES OF MOVEMENT OF HEAVY-LOAD ROAD TRAINS ON STEEL PRODUCTS TRANSPORTATIONS.....	65
Mayorova I.N. FORMING AND FUNCTIONING OF TRANSPORT-LOGISTIC SYSTEMS OF INDUSTRIAL CITY	71
Makarova I., Khabibullin R., Buyvol P., GabsalikhovaL. RISK MANAGEMENT OF THE AUTOSERVICE ENTERPRISE USING DECISION SUPPORT SYSTEM.....	77
Makarova I.V., Khabibullin R.G., Valiev I.I. THE POSSIBILITY OF SCENARIO ANALYSIS AND DEVELOPMENT OF STRATEGIES FOR transition MOTOR TRANSPORT TO GAS FUEL.....	83
Marintseva K. ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL CONDITIONS OF EXPRESS CARRIER FUNCTIONING.....	89
Maslak A. FEATURES OF FUNCTIONING OF INDUSTRIAL RAILWAY TRANSPORT IN TERMS OF PROCESS DYNAMICS GROWTH	95
Maslak A.V., Kiritseva E.V., Parunakjan V.E. THE GUIDELINES FOR DETERMINING THE RATIO OF TRAFFIC VOLUMES PROCESSING CAPACITY OF RAILWAY TRACKS OF METALLURGICAL ENTERPRISES.....	100
Murad M.A., Alali A.Y., Alrajhi J.A. CONSUMPTION COMPARISON OF DIFFERENT MODES OF OPERATION OF A HYBRID VEHICLE	105
Nikolaenko I. ORGANISATION STRUCTURE OF URBAN FREIGHT CONSOLIDATION CENTER.....	110
Parunakjan V.E., Sizova E.I. MODELLING OF RAW MATERIALS ACCEPTANCE PROCESS WITHIN TRANSPORT-AND-HANDLING SITE OF SINTERING PLANT.....	115
Perevalova O.B., Panin A.V., Kretova O.M. HYDROGEN IN THE COMMERCIALY TITANIUM	121
Pomazkov M.V. APPLIED PROBLEMS SITOLOGISTIKI LARGEST METALLURGICAL ENTERPRISES.....	126
Popov V., Korovina M., Shcherbakov A. MAGNETOACOUSTIC MONITORING OF ESCALATORS PETERSBURG SUBWAY	131
Savranskiy V.V., Nevshupa R.A. STUDY OF OUTGASSING IN VACUUM FROM BALL BEARING AT VARIOUS OPERATION MODES.....	139
Suleimanov I., Mavrin G., Makarova I. THE ASSESSMENT OF THE CITY AIR POLLUTION BY AUTOMOBILE TRANSPORTATION AND INDUSTRIAL ENTERPRISES BASING ON CALCULATION METHODS.....	145
Tartakovskiy E.D., Miheev S.O. MODEL SELECTION POWER PLANTS FOR MODERNIZATION OF LOCOMOTIVES.....	151

Turanov H.T., Pserovskaya E.D. SOME PROBLEMS OF PLACEMENT GOODS ON WAGON	154
Falendysh A.P., Sumtsov A.L., Trubihin O.V., Biletskiy Y.V. PERSPECTIVES OF CENTRALIZED LUBRICANT SHUNTING DIESEL LOCOMOTIVES OF INDUSTRIAL TRANSPORT	159
Chebakov M.I., Lyapin A.A., Kolesnikov I.V. INTERACTION BETWEEN THE BRAKE PADS AND RAILWAY WHEEL IN THE PRESENCE OF HEAT FROM FRICTION	164
Chernov A. I., Roschupkin V.V., Pokrasin M.A. PRECISION METHOD OF INVESTIGATION THERMAL EXPANSION METALS AND ALLOYS	169
Shabarova E.V. LOGISTICS SERVICE AREA OF RUSSIAN BLACK SEA RING HIGHWAY (in agglomeration of Greater Sochi 2014 2030gg.)	179
Shabarova E.V. LOGISTICS PASSENGER TRAFFIC IN LARGE CITIES AND AGGLOMERATIONS	193
Bashkov V.M., Panfilov A.M., Shenkman G.L. THE PECULIAR QUALITIES OF THE ENERGETIC CHARACTERISTICS OF THE INJECTION CHANNELS OF LOCOMOTIVES ELECTRIC TRACTION MACHINES COOLING SYSTEMS	214
Dyadichev V.V., Kolesnikov A.V., Haponov A.V. ANALYSIS OF INFORMATION SYSTEMS UNIVERSITY OF SCHEDULE	218
Mokrousov S.D., Anofriev A.D., Naish N.M., Makarov K.V. THE DEVELOPMEN STRATEGY OF RAILCAR BUILDING AT PRIVATE J-SC Sc. «PC « TRASMASH» 2020	223
Stoyanov A. INVESTIGATION of DENSIFICATION of POWDERED MEDIUM With the use of PLASTICITY THEORY of INCOMPRESSIBLE RIGIDLY-PLASTIC BODIES	227
Tananko Dmitry, Ogden Doug, Gubacheva L.A. THE QUESTION OF RELIABILITY OF TRANSPORT	231
Shcherbakov V.P. MAKING CRACKER THE FRICTION DAMPER FORMING A CLOSED STAMP	236
Bagliuk G. A., Bogacheva A. G., Mamonova A. A., Tikhonova I. B. FEATURES OF STRUCTURE FORMATION AT HEATING OF POWDER MIXTURE OF TiH ₂ -Mn-Si-Fe-C SYSTEM	240
Slobodyanyuk ME, Nechayev GI EVALUATION TIME WALKTHROUGH FREIGHT FLOWS BY TRANSPORT NETWORK	246
Kolodyazhnaya L.G PROMISING DIRECTIONS OF IMPROVEMENT OF INTERACTION OF RAILWAY AND SEA TRANSPORT	249
Shevchenko D. DIRECTIONS WORK TO IMPROVE GAS-GENERATING PLANTS FOR INDUSTRIAL VEHICLES	255

УДК 629.45

ОСОБЕННОСТИ РАМЫ ТЕЛЕЖКИ ГРУЗОВОГО ВАГОНА И УСТАЛОСТНАЯ ВЫНОСЛИВОСТЬ

Губачева Л.А., Андреев А.А.

FEATURES THE BOGIE FRAME FREIGHT WAGONS AND FATIGUE STRENGTH

Golubenko A.L., Gubacheva L.A., Andreev A.A., Mokrousov S.D.

Рассмотрены вопросы влияния геометрии боковой рамы тележки типа 18-100 на усталостную выносливость и предложено мероприятие по повышению прочности ходовых частей грузового вагона.

Ключевые слова: рама, тележка, вагон, расчетные факторы, этюры сил, этюры напряжений, концентраторы напряжений, усталостная выносливость.

Постановка проблемы. Грузовые перевозки на территории стран СНГ и Балтии в последние годы выполняются подвижным составом с двухосными трехэлементными тележками типа 18-100 (ЦННИ-ХЗ-0), разработанными более 40 лет назад [1].

Изменение уровня качественного состояния рельсового пути, технического обслуживания и условий эксплуатации вагонов в последнее время все чаще приводит к появлению усталостных трещин рам тележек грузовых вагонов, их изломов и разрушений, сходо́в с рельсов и крушениям поездов. На рис. 1 представлен внешний вид разрушения литой боковой рамы двухосной тележки грузового вагона. Анализ показывает, что это связано в первую очередь с такими факторами, как переход с рельсовой колеи шириной 1524 мм на деревянных шпалах массой 70 кг на колею шириной 1520 мм на тяжелых железобетонных шпалах массой 260 кг и тяжелыми рельсами марки Р65 и Р75 при одновременном увеличении осевой нагрузки с 20 т до 23 т и более. Прохождение вагоном стыковых соединений рельсов сопровождается появлением настолько больших сил, передаваемых от букс, что наблюдается пластическая деформация нижней опорной поверхности литой боковой рамы и даже уменьшение ее толщины на 4-7 мм и более. Как показала практика, примитивное увеличение

площади поперечного сечения боковых рам тележек в 2 и более раз не приводит к устранению такого негативного фактора, как излом рам тележки в месте сопряжения с буксовым проемом. В целом перечисленные факторы свидетельствуют об актуальности проблемы повышения прочности и усталостной выносливости тележек грузовых вагонов.

Методы решения. В соответствии с современными требованиями конструкция двухосной тележки типа 18-578 (ОАО «НПК УРАЛВАГОНЗАВОД» и Всероссийский научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта (ВНИИЖТ)) была спроектирована с учетом повышения межремонтных пробегов грузовых вагонов до 500 тыс. км и увеличения гарантийного срока эксплуатации до 4 лет при одновременном увеличении осевой нагрузки до 23-25 т [2].

Одним из путей решения проблемы повышения усталостной выносливости является обоснованное изменение геометрии поперечного сечения литой рамы на основе учета новых факторов при расчете. Как отмечено в источнике [1]: «расчет литой боковой рамы тележки должен выполняться точными методами, так как недостаточная прочность боковой рамы создает угрозу безопасности движения поездов, а излишняя – увеличит массу этой обычно необрессоренной части вагона». Известная методика расчета литой боковой рамы тележки сводится к расчету стержневой системы, находящейся под действием вертикальной статической силы $P_{ст}$ и динамической силы $P_{д}$, а также боковой силы $P_{б}$. В то же время «... при расчете основных элементов рам тележек тормозные нагрузки обычно не учитывали».

Практика эксплуатации вагонов свидетельствует о появлении трещин в месте

сопряжения наружной челюсти с боковой рамой именно под действием силы нажатия тормозной колодки на бандаж колеса при повторяющихся ударных нагрузках во время движения по стыковому рельсовому пути, что предлагается учитывать при проведении расчета. Имеющийся опыт изменения конструкции сечения боковой рамы в районе появления трещин за счет уширения наклонной полки при одновременном увеличении ее толщины с 16 мм до 30 мм не привел к увеличению усталостной выносливости тележки типа 18-100. По всей видимости, это является следствием оставления без внимания таких факторов, как появление дополнительных концентраторов напряжения и учета продольных сил от нажатия тормозных колодок и от торможения.

Как известно, переменные напряжения, появляющиеся в деталях от изменения нагрузки, приводят к внезапному разрушению, хотя величина этих напряжений часто существенно ниже предела текучести материала. Усталостное разрушение начинается с накопления повреждений на границах зерен материала и образования на поверхности в месте концентрации напряжений микротрещины, развития трещины и ослабления сечения. Трещина обычно распространяется в направлении, перпендикулярном линии действия наибольших нормальных напряжений. Когда прочность оставшейся неповрежденной части становится недостаточной, происходит внезапное разрушение детали [3].

Для оценки сопротивления усталости материала действию переменных напряжений проводят испытания партии стандартных образцов деталей (15-20 шт.) и определяют кривые усталости - зависимости между числом циклов N нагружения образцов до разрушения и максимальным действующим напряжением. Продолжительность (базу) испытаний образцов из сталей ограничивают 10^7 циклов, что соответствует пробегу вагона по стыковому рельсовому пути с длиной рельсового звена 25 м $L=0,025 \cdot 10^7 = 250$ тыс.км (в груженом направлении) или общему пробегу 500 тыс.км.

В общем случае зависимость между переменным напряжением σ_s и числом циклов до разрушения достаточно приближенно описывается уравнением:

$$\sigma_s^m \cdot N = C, (N \leq N_\delta), \quad (1)$$

$$m \approx 4; \sigma_s = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}. \quad (2)$$

Тогда для определения долговечности детали при заданном переменном напряжении и характеристиках детали и предела выносливости может использоваться зависимость:

$$N = N_\delta \cdot \left(\frac{\sigma_\delta}{\sigma} \right)^m = N_\delta \cdot \left(\frac{\sigma_{\delta\delta}}{\sigma_s} \right)^m. \quad (3)$$

Перечисленные доводы требуют разработки и использования для оценки мероприятий по повышению усталостной выносливости двухосных тележек грузовых вагонов новых подходов и методики расчета. С учетом места излома боковой рамы целесообразно рассмотреть схему нагружения различными силами модели не всей боковой рамы тележки, а только условно жестко заземленной консоли сопряжения задней по ходу вагона челюсти буксового проема с центральной частью по линии ЕА, наиболее часто встречающихся изломов боковых рам тележек (рис. 1).

На рис.2 дается предлагаемая расчетная схема рассматриваемой части боковой рамы тележки и представлены в качестве действующих следующие силы:

$\overline{Q_{cm}}$ - статическая нагрузка,

прикладываемая от буксы к боковой раме в точке D снизу вверх;

\overline{K} - сила нажатия колодки на бандаж колеса и затем передаваемая через буксу на наружную челюсть в точке С;

$\overline{B_T}$ - тормозная сила, передаваемая от контакта бандажа с рельсом через колесо и буксу на наружную челюсть в точке С;

$\overline{F_K}$ - сила трения тормозной колодки о бандаж, передаваемая частично на боковую раму в точке D_1 и челюсть в точке С;

$\overline{Q_{DZ}}$ - переменная динамическая сила, возникающая при прохождении стыкового соединения рельсов и передаваемая в точке D_1 от буксы на боковую раму снизу вверх;

$\overline{Q_{DX}}$ - переменная динамическая сила, возникающая при прохождении стыкового соединения рельсов и передаваемая в точке С от буксы на наружную челюсть.

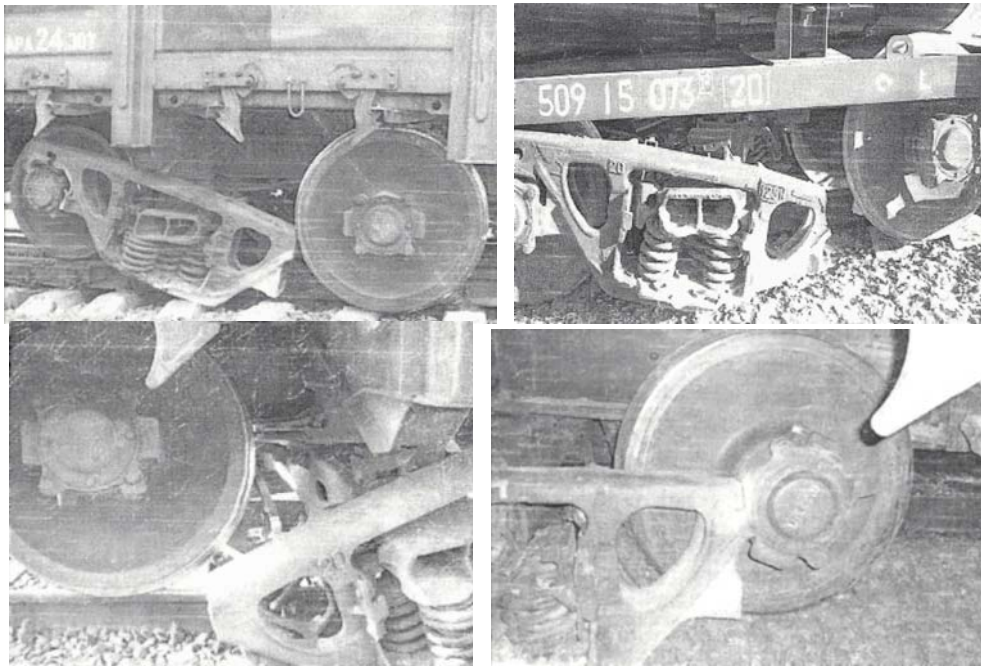


Рис.1. Изломы боковых литых рам тележек типа 18-100 эксплуатирующихся грузовых вагонов

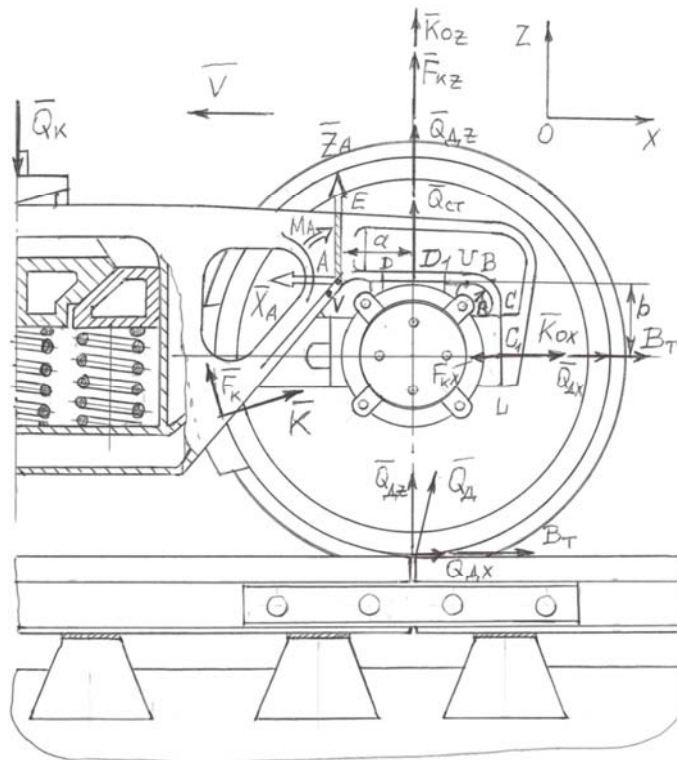


Рис.2. Расчетная схема боковой литой рамы двухосной тележки грузового вагона под действием сил при движении по стыковому пути

Искомыми реакциями, в конечном итоге и определяющими напряжения материала боковой рамы тележки в критическом по излому сечении EA, являются:

\bar{Z}_A - вертикальная составляющая реакция;

\bar{X}_A - горизонтальная составляющая реакция;

\bar{M}_A - реактивный изгибающий момент в условной жесткой заделке.

В общем случае статическая нагрузка на колесо может быть принятой равной от 2,88 т (для порожнего вагона) до 11,5 т (для груженого вагона).

Сила удара колеса о рельсовый стык зависит от неподдресоренной массы вагона m_H ; приведенной массы рельсового пути m_P ; контактной вертикальной жесткости c_K колеса и рельсового пути; а также скорости удара $V_{y\partial}$ колеса о конец принимающего рельса и может быть приближенно определена по методике и формулам, представленным в источнике [4]:

$$V_{y\partial} \approx V \cdot \frac{l_{\Pi}}{r}, \quad (4)$$

где V - скорость движения колеса;
 l_{Π} - зазор в стыковом соединении рельсов;

r - радиус колеса по кругу катания.

Максимальное значение силы удара (она же динамическая нагрузка) равна при $m_H \gg m_P$:

$$P_{K \max} \approx V_{y\partial} \sqrt{c_K \frac{m_H \cdot m_P}{m_H + m_P}}. \quad (5)$$

Оценим величины вертикальных ударов в стыках для пути с рельсами Р50 и деревянными шпалами:

$c_K = 40 \text{ МН/м}$;

$m_H = 1500 \text{ кг}$;

$m_P = l_{\Pi} \cdot m_{po} + n_{ш} \cdot m_{ш} = 1,5 \cdot 100 + 4 \cdot 72 = 438 \text{ кг}$;

$$P_{K \max o} = V_{y\partial} \sqrt{40 \frac{1500 \cdot 438}{1500 + 438}} = 116 \cdot V_{y\partial}, \text{ кН}.$$

Аналогично оценим величины вертикальных ударов в стыках пути с рельсами р75 на железобетонных шпалах:

$c_K = 80 \text{ МН/м}$;

$m_H = 1500 \text{ кг}$;

$m_P^* = l_{\Pi} \cdot m_{po} + n_{ш} \cdot m_{ш} = 2 \cdot 150 + 4 \cdot 250 = 1300 \text{ кг}$;

$$P_{K \max \Pi} = V_{y\partial} \sqrt{80 \frac{1500 \cdot 1300}{1500 + 1300}} = 239 \cdot V_{y\partial}, \text{ кН}.$$

При прочих равных условиях эксплуатации силы ударов колес по рельсовым стыкам после перехода на более прогрессивное верхнее строение пути с железобетонными шпалами возрастает в два раза и более по сравнению с деревянными шпалами.

В качестве определяющего рассмотрим режим торможения грузового вагона с колесами диаметром 950 мм при движении по стыковому пути с зазорами в стыках 10 мм на скорости $V=25 \text{ м/с}$, когда расчетная сила динамического удара достигает величины

$$P_{K \max \Pi} = 25 \cdot \frac{0,01}{0,475} \cdot 239 = 125, \text{ кН}.$$

В дальнейшем принимаем динамическую нагрузку на уровне $Q_d \approx 100 \text{ кН} \approx 10 \text{ тс} \approx Q_{ст}$, равном величине статической нагрузки на колесо. Согласно режимам торможения сила нажатия тормозной колодки может быть принята равной $K=3,5 \text{ тс}$, а сила торможения, приложенная к

поверхности катания колеса на уровне головки рельса и в точке прижатия тормозной колодки к колесу, принимается равной $B_T = 0,35 \text{ тс} = F_K$. С учетом углов наклона оси тормозная колодка – центр колеса и расположения системы осей координат проекции расчетных составляющих сил могут быть определены по формулам:

$$Q_{ox} = 0,35 \text{ тс}; \quad Q_{oz} = 9,9 \text{ тс};$$

$$K_{ox} \approx K \cdot \cos \alpha = 0,985 \cdot K;$$

$$K_{oz} \approx K \cdot \sin \alpha = 0,173 \cdot K;$$

$$F_{Kx} \approx F_K \cdot \sin \alpha \approx 0,173 \cdot F_K;$$

$$F_{Kz} \approx F_K \cdot \cos \alpha \approx 0,985 \cdot F_K.$$

Для оценки напряженного состояния литой боковой рамы двухосной тележки грузового вагона принятой модели прохождения стыковых соединений рельсов в первом приближении применим принцип Германа-Эйлера-Даламбера для механической системы с идеальными связями и рассмотрим равновесие консольной части буксового проема боковой рамы под действием приложенных статических сил $Q_{ст}$, K , F_K , B_T , динамических сил Q_d и реакций связей X_A , Z_A , M_A в эквивалентной жесткой заделке по методикам теоретической механики [5].

Составим уравнения равновесия консоли проема задней челюсти боковой рамы двухосной тележки типа 18-100 грузового вагона под действием указанных сил по условиям равновесия в осях координат хоуз:

$$\begin{cases} \sum F_{Kx} = 0; \\ \sum F_{Kz} = 0; \\ \sum M_A(\overline{F_K}) = 0. \end{cases} \quad (6)$$

$$\begin{cases} -X_A + K_{ox} + B_T + Q_{dx} - F_{Kx} = 0; \\ Z_A + K_{oz} + F_{Kz} + Q_{dz} + Q_{ст} = 0; \\ -M_A + a(K_{oz} + F_{Kz} + Q_{dz} + Q_{ст}) + b(K_{ox} + B_T + Q_{dx} - F_{Kx}) \end{cases} \quad (7)$$

Из системы трех независимых уравнений с тремя неизвестными находим расчетные формулы для величин:

- продольную реакцию X_A в критическом по излому сечении ЕА рамы:

$$X_A = K_{ox} + B_T + Q_{dx} - F_{Kx}; \quad (8)$$

- вертикальную реакцию Z_A :

$$Z_A = -K_{oz} - F_{Kz} - Q_{dz} - Q_{ст}; \quad (9)$$

- реактивный момент M_A :

$$M_A = a(K_{oz} + F_{Kz} + Q_{dz} + Q_{ст}) + b(K_{ox} + B_T + Q_{dx} - F_{Kx}). \quad (10)$$

Расчетные величины реакций в критическом по излому сечении ЕА сопряжения консоли буксового проема задней челюсти с боковой

литой рамой двухосной тележки грузового вагона в принятых условиях окажутся равными :

$$\begin{aligned}
 X_A &= 0,985 \cdot K_O + B_T + Q_{ДХ} - 0,173 \cdot F_K = \\
 &= 0,985 \cdot 3,5 + 0,35 + 0,35 - 0,173 \cdot 0,35 = 4,08 \text{ тс}; \\
 Z_A &= -0,173 \cdot K_O - 0,985 \cdot F_K - Q_{СТ} - Q_{ДЗ} = \\
 &= -0,173 \cdot 3,5 - 0,985 \cdot 0,35 - 10,0 - 9,9 = -20,844 \text{ тс}; \\
 M_A &= 0,14(0,173 \cdot K_O + 0,985 \cdot F_K + Q_{ДЗ} + Q_{СТ}) + \\
 &+ 0,17(0,985 \cdot K_O + B_T + Q_{ДХ} - 0,173 \cdot F_K) = \\
 &= 0,14(0,173 \cdot 3,5 + 0,985 \cdot 0,35 + 9,9 + 10) + \\
 &+ 0,17(0,985 \cdot 3,5 + 0,35 + 0,35 - 0,173 \cdot 0,35) = 3,613 \text{ Тм}
 \end{aligned}$$

Вторым шагом расчета напряженного состояния боковой литой рамы в зоне сопряжения с консолью буксового проема задней челюсти является расчет и построение эпюр нормальных сил N , перерезывающих сил Q и изгибающего момента M для расчетной схемы в виде изогнутого стержня- консоли с использованием методик сопротивления материалов [6].

Сосредоточенные силы целесообразно заменить равномерно распределенными нагрузками q_1 и q_2 по расчетным формулам :

$$q_1 \cong \frac{Q_{СТ} + Q_{ДЗ} + F_{КЗ}}{D \cdot U} = 101,7 \text{ Тс/м}; \quad (11)$$

$$q_2 \cong \frac{K + B_T + Q_{ДХ} - F_{КХ}}{C \cdot L} = 23,3 \text{ Тс/м}. \quad (12)$$

На рис.3,а представлена расчетная схема изогнутой консоли, эквивалентной сопряжения челюстной консоли с центральной частью литой боковой рамы двухосной тележки грузового вагона, а также расчетные эпюры распределения нормальных нагрузок, перерезывающих сил и изгибающих моментов на этой изогнутой консоли.

Условно принято, что равномерно распределенная нагрузка от вертикальных сил передается верхней частью буксы на опорную планку буксового проема литой рамы между точками D и U , а равномерно распределенная нагрузка от продольных сил нажатия тормозной колодки на колесо, динамической силы удара в стыковом соединении рельсов и тормозной силы передается на заднюю по ходу движения вагона челюсть между точками C и L . Также в качестве определяющих на расчетных схемах эпюр нагрузок на условном изогнутом стержне указаны дополнительно точка B появления трещин в месте непосредственного примыкании челюсти к консоли челюстного проема ; точка $D1$ приложения сосредоточенной равнодействующей вертикальной силы к боковой раме в челюстном проеме; точка $C1$ приложения равнодействующей сосредоточенной горизонтальной силы к буксовой челюсти рамы тележки, а также дополнительной точки V в месте

непосредственного присоединения челюстного проема к центральной части литой боковой рамы тележки.

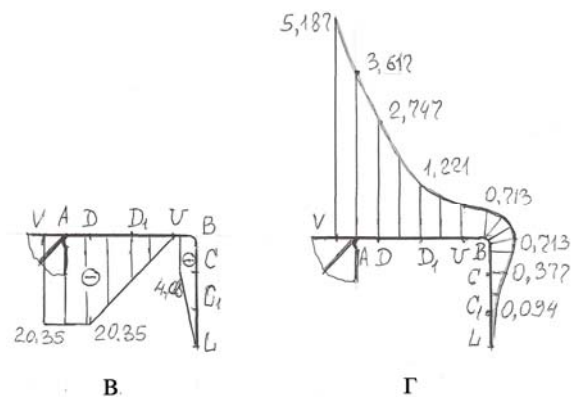


Рис.3. Эпюры расчетных нормальных сил, перерезывающих нагрузок и изгибающих моментов, приложенных к боковой раме тележки а – схема; б - Эп «N», Тс; в - Эп «Q», Тс; г - Эп «M», Тм

Анализ эпюры нормальных сил рис.3, б показывает, что растяжению подвержен горизонтальный участок буксового проема литой рамы VB силой $4,08$ тс, определяемой силой нажатия тормозной колодки на колесо, силой удара колеса о стыковое соединение рельсов и силой торможения.

Анализ эпюры перерезывающих сил рис.3, в показывает, что если в точке B непосредственного присоединения челюсти к боковой перерезывающая сила равна $4,08$ тс, то в критическом по излому сечении EA и до точки V она достигает значения $20,85$ тс.

На рис. 3, г представлена эпюра изгибающих заднюю челюсть и часть литой боковой рамы моментов сил. Анализ показывает, что если от точки L до точки B изгибающий момент увеличивается от 0 до $0,713$ тс*м, то на участке BD он увеличивается от $0,713$ тс*м до $2,747$ тс*м, а затем достигает значения $3,617$ тс*м в критической по излому точке A и наибольшего значения $5,187$ тс*м – в точке V .

Третьим шагом расчета боковой рамы тележки грузового вагона является определение геометрических характеристик поперечных сечений в расчетных точках для тележки типа 18-100. На рис. 4, а представлен расчетный поперечный вид критического по излому сечения EA боковой с характеристиками : высота коробчатого сечения $H=180$ мм; ширина коробчатого сечения $B=150$ мм; толщина стенок и стоек коробчатого сечения $t=16$ мм, причем нижняя полка в штатном варианте тележки типа 18-100 с целью упрочнения имеет выступ за пределы боковых стоек и сопряжена с ними по радиусу $r=5$ мм.

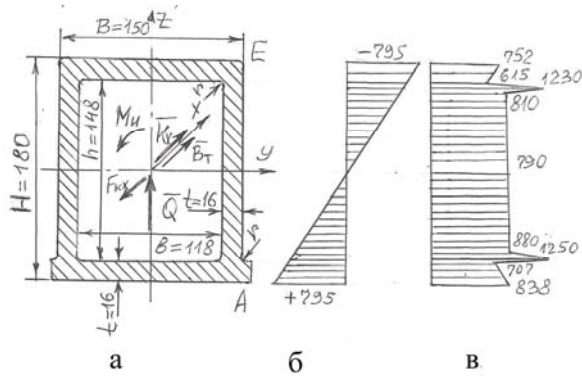


Рис. 4. Расчетная схема поперечного критического по излому сечения боковой рамы тележки типа 18-100: а – критическое сечение рамы тележки 18-100; б - σ_u “ σ_u ” кгс/см², в - σ_z “ σ_z ” кгс/см²

Площадь критического поперечного сечения EA приближенно определяется по формуле:

$$F_{AE} = B \cdot H - b \cdot h \approx 95 \text{ см}^2. \quad (13)$$

Расчетный момент инерции критического поперечного сечения EA относительно центральной поперечной оси y определяется по формуле:

$$I_y = \frac{1}{12} (B \cdot H^3 - b \cdot h^3) \approx 4110 \text{ см}^4. \quad (14)$$

Расчетный момент сопротивления изгибу критического поперечного сечения EA определяется по формуле:

$$W_y = \frac{2I_y}{H} = 455 \text{ см}^3. \quad (15)$$

Нормальное напряжение растяжения в нижних слоях критического поперечного сечения от действия изгибающего момента определяется по формуле:

$$\sigma_u \approx \frac{M_u}{W_y} = 795 \text{ кгс/см}^2. \quad (16)$$

Нормальное напряжение растяжения от растягивающей силы по всему сечению определяется по формуле:

$$\sigma^* \approx \frac{N}{F_{AE}} = 43 \text{ кгс/см}^2. \quad (17)$$

На рис.4, б представлена эпюра нормальных напряжений от изгибающего момента в различных точках критического по излому сечения EA. Анализ показывает, что значения нормальных напряжений изменяются от 795 кгс/см²- растяжения нижних волокон, до -795 кгс/см² – сжатия верхних волокон материала литой рамы тележки.

Согласно известным в вагоностроении расчетам рам тележек напряжения от горизонтальных нагрузок суммируются не только с напряжениями от вертикальных нагрузок, но и

должны учитываются касательные напряжения от перерезывающих сил, обычно определяемые по формулам Журавского

$$\tau' = \tau = \frac{Q \cdot S'_y(Z)}{b(Z) \cdot I_y}, \quad (18)$$

где $S_y(Z)$ - статический момент относительно нейтральной линии той части площади $F(Z)$, которая расположена ниже или выше рассматриваемого слоя сечения на расстоянии Z от нейтрального слоя сечения;

$b(Z)$ - ширина материала в рассматриваемом слое сечения;

I_y - момент инерции сечения рамы относительно нейтральной оси;

Q - величина перерезывающей силы.

Для ускорения расчетов касательных напряжений представляется целесообразным оценивать их с помощью коэффициента эквивалентности касательных напряжений от перерезывающих сил:

$$K_\tau = \frac{S_{yomc}}{I_y \cdot b_i^*}, \quad (19)$$

где $S_{yomc} = B_i \cdot t_i \cdot h_i$ - статический момент условно отсеченной части поперечного сечения относительно нейтральной оси;

$b_i^* = b_A = B$ - ширина нижней полки до места соединения со стойками поперечного сечения рамы;

$b_i^* = b_A^* = 2t$ - ширина двух стоек после места соединения с нижней полкой;

I_y - момент инерции рассматриваемого сечения EA относительно центра оси у.

Так, для нижней кромки соединения полки в положении А статический момент равен:

$$S_{yomc} = B \cdot t \cdot \left(\frac{H}{2} - \frac{t}{2} \right) = 197 \text{ см}^3, \quad (20)$$

а коэффициент эквивалентности касательного напряжения на верхней кромке нижней полки равен:

$$K_{1m} = \frac{197}{4100 \cdot 15} = 0,0032.$$

Расчетный коэффициент эквивалентности касательного напряжения в месте присоединения стоек к нижней полке определится по формуле:

$$K_{1\tau b} = \frac{197}{4100 \cdot 2 \cdot 1,6} = 0,015.$$

Тогда расчетные касательные напряжения в указанных точках равны:

$$\tau_{1H} = K_{1H} \cdot Q = 66,5 \text{ кгс/см}^2;$$

$$\tau_{1B} = K_{1\tau b} \cdot Q = 313 \text{ кгс/см}^2.$$

Особое внимание при расчете усталостной выносливости литых рам двухосных тележек грузовых вагонов следует обращать на наличие концентраторов напряжений в местах резкого изменения формы поперечного сечения. При изгибе рам особую роль играет концентрация касательных напряжений, которые в местах резкого перехода от полок к стойкам поперечных сечений могут в два и более раз превосходить величины, вычисленные по формулам Журавского.

Представляется правомочным в расчетах учитывать из-за относительной малости радиуса закругления перехода от нижней полки к вертикальным стойкам местное увеличение касательных напряжений на поверхности с 313 кгс/см² до 616 кгс/см².

Определяющие выносливость литых рам тележек эквивалентные напряжения по вычисленным нормальным и касательным напряжениям в вагостроении принято рассчитывать по третьей энергетической теории прочности по формуле:

$$\tau_{1B}^* \approx 2 \cdot \tau_{1B} = 616 \text{ кгс/см}^2.$$

Тогда величины расчетных эквивалентных напряжений в нижней части критического по излому сечения ЕА боковой литой рамы тележки типа 18-100 в принятых условиях нагружений окажутся равными:

$$\sigma_{\sigma_0} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{838^2 + 3 \cdot 0} = 838 \text{ кгс/см}^2;$$

$$\sigma_{\sigma_{1H}} = \sqrt{698^2 + 3 \cdot 66,5^2} = 707 \text{ кгс/см}^2;$$

$$\sigma_{\sigma_{16}} = \sqrt{698^2 + 3 \cdot 313^2} = 880 \text{ кгс/см}^2;$$

$$\sigma_{\sigma_{1}}^* = \sqrt{698^2 + 3 \cdot 616^2} = 1250 \text{ кгс/см}^2.$$

Анализ расчетной эпюры эквивалентных напряжений поперечного критического сечения ЕА литой боковой рамы двухосной тележки, представленной на рис.4, в, показывает, что если на нижних волокнах нижней полки их величины равны 838 кгс/см², в местах присоединения к вертикальным стойкам по малым радиусам закруглений (до 5 мм) они достигают значений 1250 кгс/см², что и может явиться центрами усталостного трещинообразования и последующего излома рам.

Следует отметить, что в верхней части соответствующие величины эквивалентных напряжений из-за сжатости волокон несколько меньше: соответственно 752 кгс/см² и 1230 кгс/см².

Для более полной картины происходящих явлений и возникающих напряжений необходимо

учитывать также влияние на эквивалентные напряжения формы продольных профилей сопряжения консольных челюстей буксовых проемов с центральной частью боковой литой рамы двухосной тележки грузового вагона. На наш взгляд, следует также учитывать тот факт, что при изгибе в местах резкого изменения формы или размеров возникает дополнительная концентрация напряжений в районе закруглений по радиусу мест присоединения, особенно внутренней челюсти нижней полки боковой рамы тележки.

В первом приближении модель боковой рамы и консоли буксовой челюсти может быть представлена в виде пластины толщиной δ и шириной $2a_1$ под действием пары сил с моментом M_1 . Тогда в зоне концентраций максимальные напряжения, согласно теории сопротивления материалов, определяются по формуле:

$$\sigma_{\max} = \sigma_u \frac{4 \cdot \frac{a_1}{\rho} \sqrt{\frac{a_1}{\rho}}}{3 \left[\sqrt{\frac{a_1}{\rho}} + \left(\frac{a_1}{\rho} - 1 \right) \text{arctg} \sqrt{\frac{a_1}{\rho}} \right]} = \sigma_u \cdot K\sigma. \quad (21)$$

Для рассматриваемого варианта боковой литой рамы двухосной тележки типа 18-100 имеем для точки А критического по излому сечения расчетные геометрические величины равны:

Тогда значение расчетного коэффициента увеличения напряжений может быть рассчитано по формуле:

$$K\sigma = \frac{4 \cdot \frac{9}{4} \sqrt{\frac{9}{4}}}{3 \left[\sqrt{\frac{9}{4}} + \left(\frac{9}{4} - 1 \right) \text{arctg} \sqrt{\frac{9}{4}} \right]} = 1,64.$$

На четвертом шаге расчетов определялись геометрические характеристики поперечных сечений боковой литой рамы тележки грузового вагона для интересующих точек буксового проема по уже приведенным выше формулам.

На рис.5, а представлена эпюра живых площадей поперечных сечений боковой рамы в буксовом проеме. Анализ показывает, что если площадь поперечного сечения наружной челюсти изменяется от 63,5 см² в точке L до 91,5 см² в точке В, то для более нагруженной части рамы над буксой эта площадь изменяется от 91,5 см² до 95 см² в точке А, и даже до 118 см² – в точке V.

На рис.5, б представлена эпюра расчетных моментов инерции сечений боковой рамы в буксовом проеме. Анализ показывает, что если для наружной челюсти он изменяется от 533 см⁴ в

точке L до 3570 см^4 в точке В, то для более нагруженной части рамы он несколько уменьшается для точки D и затем возрастает до величины 4110 см^4 в критической точке А и резко увеличивается до 9320 см^4 в точке V присоединения к центральной части рамы.

На рис. 5, в представлена эпюра расчетных моментов сопротивления изгибу поперечных сечений боковой рамы в буксовом проеме. Анализ показывает, что если для наружной челюсти он изменяется от 133 см^3 в нижней точке L до 420 см^3 в точке В, то затем он несколько уменьшается до значения 383 и затем возрастает до значения 457 см^3 в критической точке А и резко увеличивается до значения 744 см^3 в точке V.

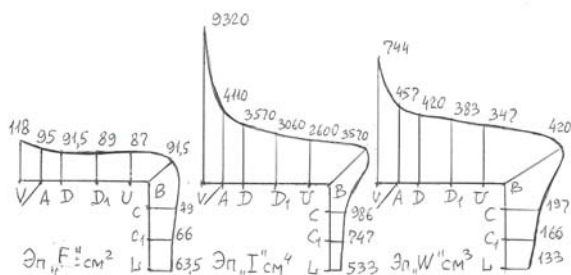


Рис. 5. Расчетные эпюры геометрических характеристик поперечных сечений боковой литой рамы в буксовом проеме

Особый интерес с точки зрения обоснования законности трещин и излома боковой литой рамы двухосной тележки грузового вагона именно в сечении EA являются эпюры расчетных нормальных напряжений, касательных напряжений и эквивалентных напряжений, представленных на рис.6, а, рис.6, б и рис.6, в.

Анализ показывает, что если для наружной челюсти нормальные напряжения изменяются от 0 в точке L до 280 кгс/см^2 и для боковой рамы от 280 кгс/см^2 до 576 кгс/см^2 в точке D, то именно в точке А оно достигает уровня 1250 кгс/см^2 , причем в точке V напряжение опускается до уровня 646 кгс/см^2 .

Несколько по- иному распределяются касательные напряжения. Так, в нижней точке L и U касательное напряжение равно 0 и в точке C становится равным 135 кгс/см^2 . Затем на горизонтальном участке боковой рамы увеличивается до 330 кгс/см^2 в точке D и в точке V уменьшается до величины 191 кгс/см^2 .

Анализ эпюры расчетных эквивалентных напряжений рис.6, в показывает, что если для челюсти они изменяются от 0 в точке L до значения 297 кгс/см^2 , то для горизонтального участка боковой рамы эквивалентное напряжение уменьшается до 209 кгс/см^2 в точке U и затем плавно увеличивается до 813 кгс/см^2 в точке D, причем оно резко возрастает до 1520 кгс/см^2 в критической точке А. Примечательно, что в точке

V эквивалентное напряжение снижается до уровня 725 кгс/см^2 .

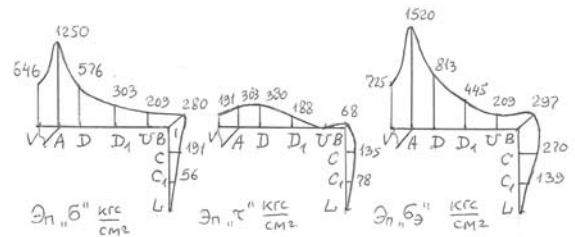


Рис.6. Расчетные эпюры нормальных касательных и эквивалентных напряжений литой боковой рамы тележки типа 18-100

Полученный характер распределения расчетных эквивалентных напряжений в боковой раме для разработанной модели оценки усталостной выносливости двухосных тележек типа 18-100 грузовых вагонов не только совпадает с картиной появления трещин и последующих изломов, но и позволяет выбрать правильный путь разработки технических решений по снижению уровня эквивалентных напряжений и повышению гарантийного пробега вагонов без разрушения ходовых частей подвижного состава, что в целом способствует повышению безопасности железнодорожного транспорта.

По первому мероприятию снижения напряжений в боковой раме тележки предлагается с целью снижения коэффициента продольных концентраций напряжений увеличить радиус кривизны сопряжения челюстей с нижней полкой боковой рамы с 40 мм (для тележки типа 18-100) до величины 120 мм , а также увеличить высоту поперечного сечения с 180 мм до 220 мм .

Тогда расчетный коэффициент продольных концентраций напряжений для усовершенствованной боковой рамы определится по формуле:

$$K^* \sigma = \frac{4 \cdot \frac{11}{12} \sqrt{\frac{11}{12}}}{3 \left[\sqrt{\frac{11}{12}} + \left(\frac{11}{12} - 1 \right) \arctg \sqrt{\frac{11}{12}} \right]} = 1,38.$$

По второму мероприятию снижения напряжений в боковой раме тележки предлагается изменить конфигурацию поперечного сечения в критическом по излому месте, позволяющему одновременно уменьшить уровень напряжений от приложенных нагрузок и уменьшить коэффициент поперечной концентрации эквивалентных напряжений. Как уже отмечалось, высота боковой рамы должна быть увеличена до 220 мм . Кроме того, предлагается увеличить толщину стоек до 22 мм по центру и внизу поперечного сечения и выполнить сопряжение внешних стенок стоек с нижней полкой по радиусу 20 мм и сопряжение

внутренних стенок стоек с нижней полкой по радиусу 30 мм.

На рис. 7, а представлена расчетная схема критического сечения ЕА модернизированной боковой рамы с приложенными нагрузками. Сравнительный анализ показывает, что площадь поперечного сечения увеличилась для критического по излому положения линии ЕА 95 см² до 125 см²; момент инерции относительно нейтральной линии увеличился с 4110 см⁴ до 7100 см⁴; момент сопротивления изгибу увеличился с 457 см³ до 645 см³ при прочих равных условиях.

На рис.7, б представлена эпюра нормальных напряжений по поперечному сечению ЕА боковой рамы от приложенных нагрузок. Анализ показывает, что максимальные растягивающие напряжения в нижней полке при прочих равных условиях уменьшились с 795 кгс/см² до 560 кгс/см².

На рис. 7, в представлена эпюра эквивалентных напряжений в сечении ЕА боковой рамы тележки от приложенных нагрузок. За счет увеличения радиусов сопряжений стоек и нижней полки в поперечном плане коэффициенты концентраций уменьшаются настолько, что величина максимальных напряжений уменьшается с 1250 кгс/см² до 524 кгс/см², а величина эквивалентных напряжений на нижних волокнах нижней полки уменьшилась с 838 кгс/см² до 592 кгс/см² при прочих равных условиях.

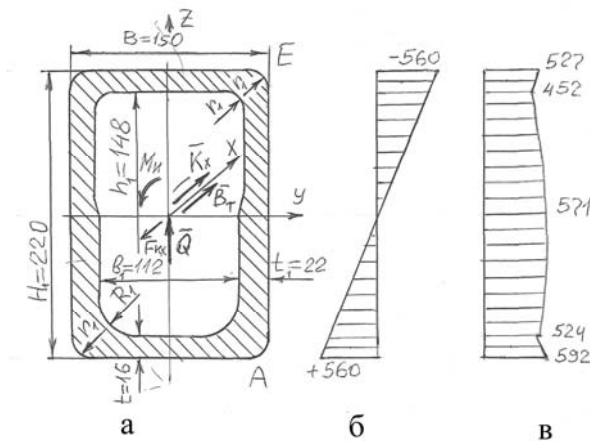


Рис.7. Расчетная схема поперечного критического по излому сечения предлагаемой боковой рамы тележки типа 18-100: а – критическое сечение рамы модернизированной; б - Эп “ σ_n ” кгс/см², в - Эп “ $\sigma_{\text{экв}}$ ” кгс/см²

На рис. 8, а представлена расчетная эпюра площади живого поперечного сечения по изогнутому профилю буксового проема предлагаемой конструкции боковой рамы тележки грузового вагона. Следует отметить увеличение по сравнению с исходным вариантом тележки типа 18-100 величины площади в точке В с 91,5 см² до 115 см², а также увеличение площади сечения в точке V с 118 см² до 130 см².

На рис. 8, б представлена расчетная эпюра моментов инерции относительно нейтральной линии по изогнутому профилю предлагаемой конструкции боковой рамы тележки вагона. Анализ показывает, что при прочих равных условиях момент инерции поперечного сечения в точке В увеличился с 3570 см⁴ до 4300 см⁴, а в точке V - с 9320 см⁴ до 10100 см⁴.

На рис.8, в представлена расчетная эпюра моментов сопротивления изгибу поперечного сечения по изогнутому профилю предлагаемой конструкции боковой рамы тележки. Анализ показал, что в точке В величина момента сопротивления увеличилась с 420 см³ до 525 см³, а в точке V с 744 см³ до 830 см³.

Суммирующие результаты предлагаемого исследования хорошо иллюстрируются расчетными эпюрами нормальных напряжений, касательных напряжений и эквивалентных напряжений, представленных на рис.9.

Анализ рис. 9, а показывает, что величина нормальных напряжений в точке В снижается с 280 кгс/см² до 220 кгс/см², а в критической по излому рамы точке А уменьшается с 1250 кгс/см² до 560 кгс/см².

Анализ рис. 9, б показывает, что касательные напряжения в точке В снижаются с 68 кгс/см² до 53 кгс/см², а в точке А с 303кгс/см² до 203 кгс/см².

Анализ рис. 9, в показывает, что величина эквивалентных напряжений в точке В снижается с 297 кгс/см² до 243 кгс/см², а в критической по излому боковой рамы точке А снижается с 1520 кгс/см² до 860 кгс/см².

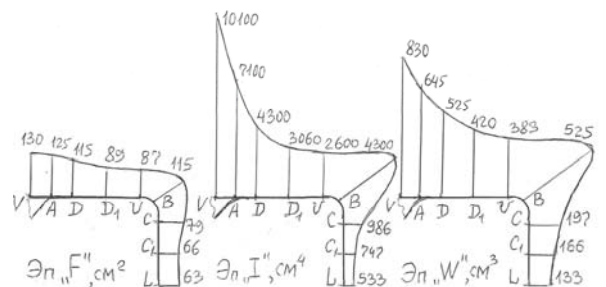


Рис. 8. Расчетные эпюры геометрических характеристик поперечных сечений предлагаемой боковой рамы тележки типа 18-100

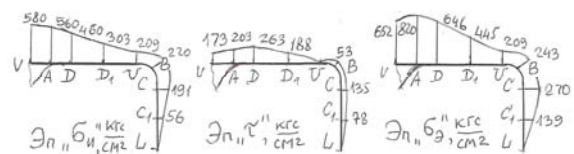


Рис. 9. Расчетные эпюры нормальных касательных и эквивалентных напряжений предлагаемой боковой рамы тележки типа 18-100

Выводы

1. Практика современной эксплуатации грузовых вагонов с двухосными тележками типа 18-100 свидетельствует о резком увеличении потока разрушений литых боковых рам тележек и схода вагонов с колеи, приводящих к снижению безопасности функционирования железнодорожного транспорта в целом.

2. Существующие методики расчета не обеспечивают достаточной надежности эксплуатации спроектированного подвижного состава без учета совместного действия как статических и динамических сил, так и реализации сил торможения.

3. Предложенная уточненная методика оценки прочностного состояния боковой рамы тележки грузового вагона основана на определении напряжений в модели условно жестко заделанной консольной части буксового проема с наружной челюстью.

4. Учет наличия концентраторов напряжения в местах сопряжения консоли буксового проема с центральной частью боковой литой рамы позволил с достаточной точностью определить место наиболее вероятного появления трещины и излома рамы расчетным путем.

5. Предложены пути снижения расчетных напряжений в материале боковой литой рамы двухосной тележки грузового вагона, заключающиеся в изменении конструкции сопряжения консоли буксового проема и центральной части боковой литой рамы, связанные с увеличением радиусов закругления переходов от нижней полки к стойкам поперечного сечения.

6. Расчеты показали, что проведение конструктивных мероприятий по усилению боковой рамы тележки грузового вагона позволит снизить уровень эквивалентных напряжений в критическом по разрушению излома боковой литой рамы в 1,8-1,9 раза при прочих равных условиях эксплуатации, что может обеспечить увеличение пробега вагона без выхода из строя по данному фактору в 3-4 раза.

Литература

1. Вагоны Учебник для вузов ж.-д. трансп./ Под ред. Л.А.Шадур.-3-е изд., перераб. и доп – М.: Транспорт, 1980.-439 с.
2. Цыган Б.Г., Мокроусов С.Д. Современное состояние и перспективы развития ходовых частей грузового подвижного состава.- «ТРАНСМАШ» № 10. Луганск, 2012.Стр.25=30.
3. Иосилевич Г.Б. и др. Прикладная механика: для студентов вузов.- М.: Машиностроение,1985.- Стр.247-258.
4. Динамика вагона. Вершинский С.В., Данилов В.И., Челноков И.И. М.: «Транспорт», 1972. Стр.33-63.

5. Яблонский А.А. Курс теоретической механики. Ч.2. Динамика. Учебник для вузов. М.: «Высшая школа», 1971.Стр.317-338.

6. Справочник по сопротивлению материалов/ Отв. ред. Писаренко Г.С.- 2-е изд., перераб. и доп.- Киев,; наук. Думка. 1988.- 736 с.

References

1. Vagony Uchebnik dlja vuzov zh.-d. transp./ Pod red. L.A.Shadura.-3-e izd., pererab. i dop – M.: Transport, 1980.-439 s.
2. Cygan B.G., Mokrousov S.D. Sovremennoe sostojanie i perspektivy razvitija hodovyh chastej gruzovogo podvizhnogo sostava.- «TRANSMASH» № 10. Lugansk, 2012.Str.25=30.
3. Iosilevich G.B. i dr. Prikladnaja mehanika: dlja studentov vuzov.- M.: Mashinostroenie,1985.- Str.247-258.
4. Dinamika vagona. Vershinskij S.V., Danilov V.I., Chelnokov I.I. M.: «Transport», 1972. Str.33-63.
5. Jablonskij A.A. Kurs teoreticheskoj mehaniki. Ch.2. Dinamika. Uchebnik dlja vuzov. M.: «Vysshaja shkola», 1971.Str.317-338.
6. Spravochnik po soprotivleniju materialov/ Otv. red. Pisarenko G.S.- 2-e izd., pererab. i dop.- Kiev,; nauk. Dumka. 1988.- 736 s.

Gubacheva L.A. Andreev A.A. FEATURES THE BOGIE FRAME FREIGHT WAGONS AND FATIGUE STRENGTH

Considered questions about the effects geometry of the side frame truck-type 18-100 on the fatigue stamina and proposed action to improve the strength running parts of the freight car.

Keywords: frame, truck, car, design factors, diagrams of forces, stress distribution, stress concentrators, the fatigue endurance.

Губачева Л.А., Андреев О.О. ОСОБЛИВОСТІ РАМИ ВІЗКА ВАНТАЖНОГО ВАГОНА І ВТОМНА ВИТРИВАЛІСТЬ

Розглянуто питання впливу геометрії бічної рами візка типу 18-100 на втомну витривалість і запропоновано захід з підвищення міцності ходових частин вантажного вагона.

Ключові слова: рама, візок, вагон, розрахункові фактори, епюри сил, епюри напружень, концентратори напружень, втомна витривалість.

Губачева Л.А. - д.т.н., проф., зав кафедрой «Компьютерные технологии на промышленном и городском транспорте», Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля, г. Луганск, Украина.

Андреев А.А. - к.т.н., доц., кафедры «Компьютерные технологии на промышленном и городском транспорте», Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля, г. Луганск, Украина.

Статья подана 5.06. 2013

УДК 629.144.6

О ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ**Андреев А. А., Андреев С. А.****FOR IMPROVING THE EFFICIENCY GAS VEHICLES****Andreev A. A., Andreev S. A.**

Рассмотрены вопросы возможности перевода специальных автомобилей на потребление как жидкого моторного топлива, так и на использование альтернативного твердого топлива при одновременном повышении технических и экономических характеристик.

Ключевые слова: автомобиль, двигатель, газогенератор, динамический фактор, грузоподъемность, экономичность, эффективность.

Постановка проблемы и актуальность темы. Защита населения малых поселков и сел в условиях европейского экономического кризиса является важной государственной задачей. Развитие постсоветского пространства последние 20 лет сопровождается огромными потерями промышленного и сельскохозяйственного производства, и особенно от стихийных бедствий. Так, пожарами 2010 года в России было уничтожено более 1 млн га лесов, сотни предприятий, жилых домов, сел из-за отсутствия близлежащих противопожарных транспортных средств. Во многом это произошло из-за неспособности местных сил быстрого реагирования своевременно предупреждать появление и ликвидировать возгорания по причине удаленности подразделений МЧС и слабости местной противопожарной инфраструктуры, в том числе и по причине нехватки топливных ресурсов для транспорта [1].

Цель и постановка задачи. Важнейшей альтернативой недостаточно эффективным централизованным силам нормального реагирования является опора на собственные местные силы, местные добровольные подразделения гражданской защиты и местные транспортные средства с использованием местных топливных ресурсов, а именно автомобили повышенной проходимости, работающие как на жидком, так и на твердом топливе,

преобразованном в горючий газ в газогенераторных установках.

Решение поставленной задачи. Наиболее подходящим является нашедший широкое применение автомобиль типа ГАЗ-53 с силовым агрегатом автомобиля ГАЗ-66 и приводом также на передние колеса, который характеризуется следующими показателями: двигатель 8 цилиндровый V-образный мощностью 115 л.с.; грузоподъемность 3600 кг при общем весе 7400 кг; максимальная скорость 85 км/ч при частоте вращения коленчатого вала 3200 об/мин; максимальный крутящий момент 29 кгм на частотах 2000 – 2900 об/мин; передаточные числа: коробки перемены передач 6,48 – 3,09 – 1,69 – 1,0; раздаточной коробки 1,00/1,963; главной передачи 6,83 и радиусе качения шин 0,463 м.

Способы решения задач. Одним из способов повышения экономической топливной эффективности эксплуатации автомобилей ГАЗ – 53 является конвертирование с бензина на сжатый газ метан CH_4 , которое сопровождается снижением мощности двигателя на 15% и более из пониженной теплотворной способности горючего газа, снижением наполнения цилиндров и скорости горения топливно-воздушной смеси [2].

Следует учитывать, что фактическая грузоподъемность автомобиля ГАЗ – 53 при установке 7 баллонов со сжатым метаном (общим весом 500 кг) снижается с 3600 кг до 3100 кг, т.е. на 14%. К тому же уменьшаются средняя скорость доставки груза и производительность автомобиля.

Опыт переоборудования автомобиля ГАЗ – 52 с установкой самодельного газогенератора группой инженеров Житомирского агроэкологического университета показал значительные недостатки в сравнении с бензиновым питанием, а именно:

- падение мощности на 30 – 40%;

- агрегат занимает до половины площади грузового кузова вследствие вертикального расположения газогенератора и генераторного газа;

- общий вес газогенераторной установки в 350 кг уменьшил грузоподъемность автомобиля ГАЗ – 52 с 3600 кг до 3250 кг;

- динамичность полностью груженого автомобиля упала от 2 до 5 раз.

Данная энерго- и ресурсосберегающая технология замены 24 л бензина стоимостью 240 грн на каждые 100 км пробега на 80 – 90 кг дров позволит уменьшить затраты на энергоносители в 2 – 3 раза, хотя и потребует иметь на автомобиле запас не менее 200 кг дров на среднесуточный пробег 200 км.

Еще в 30-е годы XX века в СССР были разработаны общеизвестные мероприятия увеличения мощности по применению наддува с помощью нагнетателя; приводного центробежного вентилятора; газотурбоагнетателя, которые нуждались в специальных механических передачах и оборудовании.

Согласно данным проведенных испытаний применение объемного нагнетателя позволяет повысить крутящий момент на коленчатом вале двигателя ЗИС 5 на частоте 1400 – 1500 об/мин на 20%, а применение центробежного нагнетателя – на 30 – 40% на частотах вращения коленчатого вала 1500 – 2500 об/мин [3]. В 1997 году авторы разработали, изготовили и установили на V-образном 4-х цилиндровом бензиновом двигателе МеМЗ – 966 Г устройство, обеспечивающее увеличение максимального крутящего момента в 1,63 раза без каких-либо вращающихся деталей, которое за счет перераспределения времени работы на более высоких передачах позволило сократить средний путевой расход бензина на 30-33% по сравнению с базовой моделью автомобиля [4].

Одним из направлений снижения веса газогенератора и уменьшения времени перезарядки новой порцией твердого топлива является использование в качестве реактора стокерной пеллетной горелки и автоматизированной подачи пеллет шнековым питателем в зону реагирования [5], что позволяет разместить все газогенераторное оборудование под кузовом и тем самым сохранить полезное пространство грузового отсека.

Комплексное использование устройства наддува и новой компоновки газогенераторного оборудования под кузовом позволит устранить недостатки опытной модели газогенераторного автомобиля ГАЗ-52 инженеров Житомирского агроэкологического университета и по сути открывает возможность создания альтернативного автомобиля универсального использования для сельского и лесного хозяйства, а также для

удаленных поселков как в повседневной жизни, так и в чрезвычайных ситуациях, поскольку не нуждается в топливных и финансовых вливаниях со стороны государственного бюджета.

В то же время любые мероприятия, направленные на повышение экологической эффективности транспортных средств, сопровождаются изменениями их тактико-технических характеристик, и не всегда в лучшую сторону.

Оценка последних проводится по расчету тягово-скоростных качеств автомобилей с учетом отличительных особенностей. Это особенно важно для ухудшающегося качества дорожного покрытия, которое после каждого осеннее – зимнего периода превращается в покрытое ямами направление для движущихся транспортных средств.

Динамический фактор, определяемый по формуле академика Е.А. Чудакова, представляет собой удельную остаточную силу тяги автомобиля:

$$D = \frac{P_k - P_w}{G} = \frac{P_k}{G} \quad (1)$$

где P_k – сила тяги, реализуемая ведущими колесами, определяется по формуле:

$$P_k = \frac{M_e \cdot \eta_t \cdot U_t}{r_k} \quad (2)$$

где M_e – эффективный крутящий момент на выходном коленчатом валу двигателя;

$\eta_t = 0,85$ – коэффициент полезного действия трансмиссии;

U_t – передаточное число коробки перемены передач и главной передачи;

r_k – динамический радиус колеса;

- P_w – сила сопротивления воздуха движению автомобиля, определяется по формуле:

$$P_w = \frac{K \cdot F \cdot V_a^2}{g} \quad (3)$$

где $K = 0,07$ – коэффициент обтекаемости формы автомобиля;

$F = 4,5 \text{ м}^2$ – площадь поперечного сечения кузова автомобиля с грузом;

V_a – скорость движения автомобиля.

Динамический фактор может быть выражен и через удельные величины сопротивлений дороги и инерции (на что расходуется сила тяги):

$$D = \gamma \cos \alpha \pm \sin \alpha \pm \frac{\sigma}{g} \cdot \frac{dV}{dt} \quad (4)$$

где γ – коэффициент трения колес о дорогу;

α – угол подъема (со знаком «+») или спуска (со знаком «-»);

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ - ускорение силы тяжести;

$\delta = 1,03 + 0,05 U_{\text{кпп}}^2$ – коэффициент учета вращающихся масс автомобиля;

$U_{\text{кпп}}$ – переменное передаточное число;

$\frac{dV}{dt}$ – ускорение «+» или замедление «-»

движения автомобиля.

На рис. 1 представлены сравнительные расчетные тягово-скоростные характеристики автомобиля ГАЗ – 53 с двигателем типа ЗМЗ – 53:

а) работающий на бензине;
 б) обычный двигатель, работающий на газе
 обычного газогенератора;

в) модернизированный двигатель ЗМЗ - 53,
 работающий на газе пеллетного газогенератора.

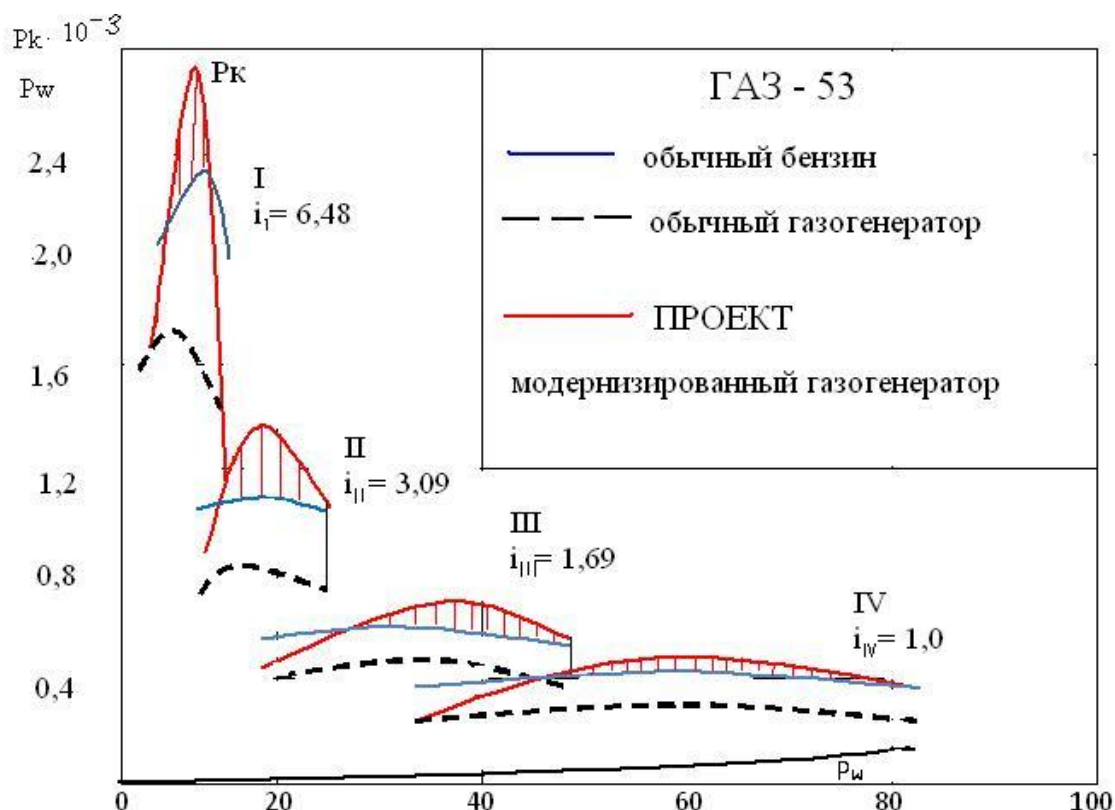


Рис. 1. Сравнительные расчетные тягово-скоростные характеристики автомобиля ГАЗ – 53 с двигателем типа ЗМЗ-53

Анализ показывает, что как и в случае с опытными поездками автомобиля ГАЗ – 52 Житомирских инженеров, максимальная сила тяги при работе на обычном газогенераторном газе падает с 2340 кг до 1680 кг, т.е. на 39%.

Если сохраняются прежние условия времени разгона при трогании с места, полная масса автомобиля должна быть уменьшена с 7400 кг до 5300 кг, т.е. реальная грузоподъемность для сохранения динамичности должна быть уменьшена с 3600 кг до 1150 кг, т.е. в 3,3 раза. Это приводит к резкому падению эффективности автомобиля ГАЗ – 53, переведенного на газогенераторный газ. Так, для маятникового режима перевозки 3600 кг груза бензиновым автомобилем ГАЗ – 53 условный коэффициент полезных перевозок (отношение полезного груза к полному собственному весу) составит:

$$K_B = \frac{3600}{7400 + 3800} = 0,323.$$

Условный коэффициент полезных перевозок

для обычного автомобиля ГАЗ-53, оборудованного обычным газогенератором, составит:

$$K_{ог} = \frac{1150}{5300 + 4150} = 0,125,$$

т.е. уменьшается по сравнению с бензиновым в 2,67 раза.

После проведения модернизации автомобиля двигателя по собственной технологии и установки пеллетного автоматизированного газогенератора следует отметить увеличение максимальной силы тяги по сравнению с бензиновым двигателем с 2340 кг до 2670 кг, т.е. в 1,14 раза, а значит, полная масса автомобиля может быть увеличена (скажем, за счет полуприцепа) до 8430 кг, а грузоподъемность возрастет до 4330 кг (при собственной массе 4100 кг).

G_r – грузоподъемность, т;

G_{Σ} – полная масса, т;

N_e – мощность двигателя, л.с.;

C_T – удельные затраты на энергоносители грн/ткм (нетто).

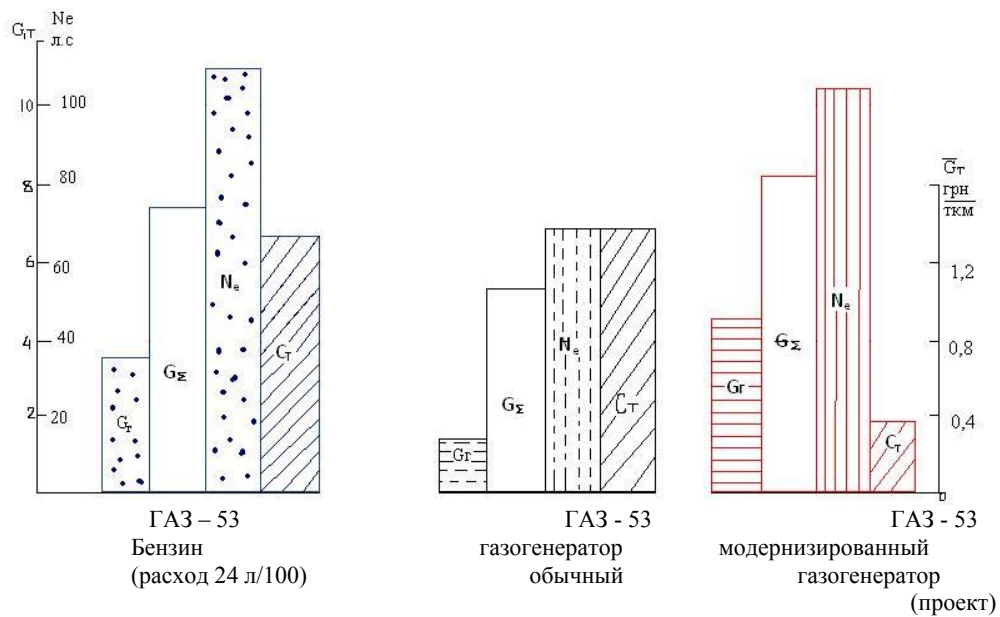


Рис. 2. Расчетные характеристики грузового автомобиля ГАЗ – 53 (ровная дорога – маятниковые перевозки)

Ожидаемый коэффициент полезных перевозок поднимется до 34,5 % при одновременном увеличении производительности в 1,14 раза, т.е. на 14%. Следовательно, на перевозку одного и того же груза энергозатраты сократятся на 14%.

Важнейшую роль для обеспечения безопасной жизнедеятельности малых сел и поселков деградирующих регионов с местным самоуправлением играет перевод специальных автомобилей – цистерн, водовозов на местное твердое топливо, и в первую очередь изготовленное из твердых древесносодержащих бытовых отходов. На рис. 3 представлены зависимости динамических расчетов автомобиля ГАЗ – 53 с различными видами рабочего топлива при включении раздаточной коробки и полного привода всех колес.

Так, если на первой передаче обычного бензинового автомобиля ГАЗ-53 полной массой 7400 кг и грузоподъемностью 3600 кг динамический фактор равен 0,64, что обеспечивает преодоление подъемов до 0,340 по одному песку с коэффициентом сопротивления колес 0,30 в полевых условиях, то при оборудовании его обычным твердотопливным газогенератором динамический фактор падает до 0,45. После модернизации двигателя ЗМЗ – 66 и установки автоматизированного пеллетного газогенератора динамический фактор поднимется до 0,72 при сохранении грузоподъемности 3600

кг. Если же динамический фактор сохранить на уровне 0,64, то грузоподъемность модернизированного автомобиля ГАЗ – 53 (например, за счет полуприцепа) может быть

увеличена до 4330 кг. Отметим, что грузоподъемность обычного автомобиля ГАЗ – 53, оборудованного обычным газогенератором, для обеспечения динамического фактора 0,64 должна быть уменьшена до 1150 кг, что составляет третью часть от возможности бензинового автомобиля ГАЗ – 53 (на базе агрегата ЗМЗ – 66) и в 4 раза меньше проектного варианта перевода на твердое топливо.

Особый интерес представляет сравнение общих затрат на энергоносители и дополнительное оборудование газогенератором, охлаждающими и очистными устройствами (приблизительно ценой 40 тыс. грн). Если годовой пробег автомобиля ГАЗ – 53 составит 40 тыс. км, то расход топлива - бензина составит (при норме 24 л/100 км) 9600 л ценой 96 тыс. грн. Учтем, что теплотворная способность 1 л бензина составляет 31 МДЖ, а пеллет (дров влажностью 20%) 12,5 МДЖ, то для такой же транспортной работы потребуется 23500 кг пеллет ценой 900 грн за тонну и общей стоимостью 210000 грн. Следовательно, затраты на энергоносители для автомобильного транспорта, переведенного на твердое топливо, можно снизить более чем в 6 раз при прочих равных условиях эксплуатации.

Важное значение имеет снижение удельных затрат на энергоносители при перевозке грузов. Так, если перевозки выполняются маятниковым режимом, то за год обычный автомобиль ГАЗ – 53 в принятых условиях выполнит транспортную работу в нетто в объеме

$$P = \alpha \cdot l = 20000 \cdot 3,6 = 72000 \text{ ткм},$$

а удельные затраты на бензин составят:

$$C_B = \frac{96000}{72000} = 1,33 \frac{\text{грн}}{\text{ткм}},$$

Удельные затраты на энергоносители после переоборудования и установки на автомобиль ГАЗ – 53 пеллетного газогенератора потребуются определять с учетом окупаемости инвестиций в течение 3 лет по формуле:

$$Э_{гр} = C_{пл} + E_{н} \cdot K_{п} = 21000 + 0,33 \cdot 40000 = 33200 \text{ грн.}$$

С учетом увеличения потенциальной грузоподъемности до 4330 кг выполнится

транспортная работа на общем пробеге 40 тыс. км. Она составит:

$$F_{п} = 20000 \cdot 4,330 = 86600 \text{ ткм.}$$

а удельные затраты на энергоносители при работе 1 ткм составят:

$$C_{п} = \frac{33200}{86600} = 0,38 \frac{\text{грн}}{\text{ткм}}$$

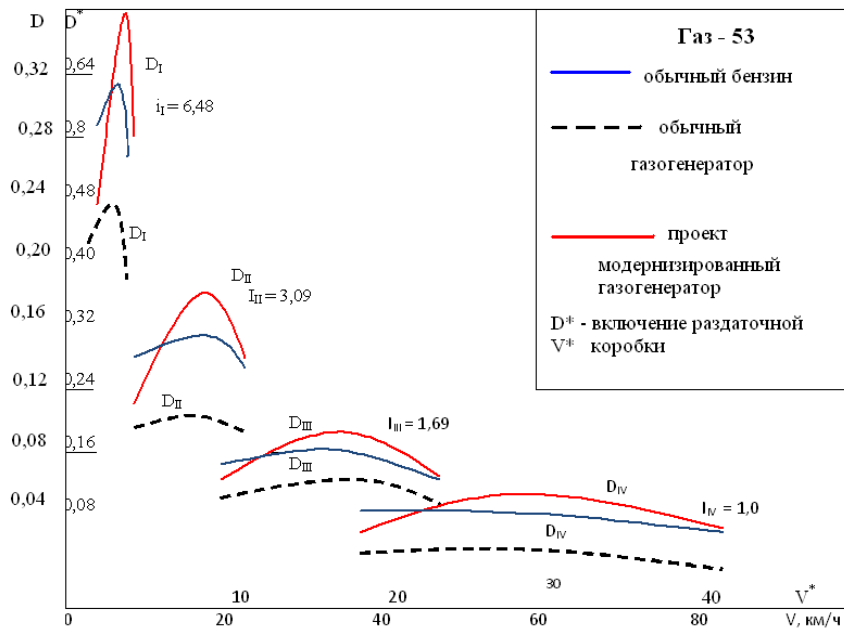


Рис. 3. Зависимость динамических расчетов автомобиля ГАЗ – 53 с различными видами рабочего топлива при включении раздаточной коробки и полного привода всех колес

Сравним с вариантом перевозок, выполняемых автомобилем ГАЗ – 53 с обычным генератором и грузоподъемностью 1150 кг:

$$F_{п} = 20000 \cdot 1,15 = 23000 \text{ ткм.}$$

а удельные затраты на энергоносители при транспортной работе 1 ткм составят:

$$C_{п} = \frac{33200}{23000} = 1,42 \frac{\text{грн}}{\text{ткм}}$$

что корреспондируется с данными расчета экономической эффективности перевода автомобиля ЗИС 5 на газогенераторное питание двигателя [3].

Годовой экономический эффект может быть оценен по разности приведенных затрат на переоборудование автомобиля и покупку топлива при нормативном коэффициенте окупаемости капиталовложений $E_{к} = 0,33$ по формуле:

$$Э = C_{ТВ} - C_{тп} - E_{н} \cdot K_{п} = 96000 - 21000 - 0,33 \cdot 40000 = 21000 \text{ грн.}$$

где $C_{ТВ}$ - стоимость бензина;

$C_{тп}$ - стоимость пеллет;

$K_{п}$ - стоимость переоборудования автомобиля газогенератором.

Автономная база альтернативных энергетических и транспортных средств является фундаментом сохранения могущества государства без дополнительных бюджетных расходов на поддержание инфраструктуры и жизнедеятельности малых сел и поселков, тысячи которых исчезли с карты за последние 20 лет. Тем более что имеется многолетний положительный опыт использования для получения электроэнергии газогенераторных электростанций серии WBD с газодизельными двигателями, которые требуют до 30% обычного дизельного топлива.

В настоящее время в связи с участвовавшими авариями на объектах нашли широкое применение мобильные мотор-генераторы, работающие на бензине. Расчет показывает, что в лучшем случае на производство 1 кВт/час электроэнергии такой генератор потребляет 0,3 кг бензина (или около 0,4 л) стоимостью 4 грн. Сравним, в Украине населению электроэнергия отпускается по тарифу 0,29 грн кВт час, а в промышленности – до 2 грн кВт час. Использование же когенераторного мобильного мотор-генератора позволит снизить стоимость 1 кВт/час произведенной

электроэнергии (с учетом окупаемости установки и получаемой тепловой энергии для отопления объектов) до 0,6 грн.

Высокая незанятость активного населения в малых поселках, особенно в зонах закрытия шахт, заводов, предприятий, увеличивает значимость газогенераторных установок, поскольку он облегчает создание рабочих мест и работу автономных предприятий по сбору древеснососодержащих ресурсов и переработке их в высококалорийное pelletное топливо на местах без вмешательства и финансовых влияний вышестоящих органов управления.

В целом это способствует повышению уровня жизни народа – единственного источника власти всего государства и укрепления его экономического и оборотного могущества.

Литература

1. С.О.Андреев. Стабільність інституційних засад єдиної державної системи цивільного захисту України як важлива передумова її наближення до європейських стандартів./ Модернізація державного управління та європейська інтеграція України: матеріали щоріч. Всеукр. наук.-практ. конф. за між нар. участю (Київ, 25 квіт. 2013 р.): у 2 т./ за наук. ред. Ю.В.Ковбасюка, К.О.Ващенко, С.В.Загорднюка.-К.: НАДУ, 2013.-Т.2, стор.78-80.

2. Золотницький В., Мамедов В. Метан в моторе. – «За рулем». 11/97, стр.162-163

3. Г.Г.Токарев. Газогенераторные автомобили. М.:МАШГИЗ, 1955 года.

4. Андреев А.А., Андреев С.А. Силовые агрегаты автомобилей «VOLKSWAGEN KAFER “VW82” (Dr. Ing. h.c. F.PORSCHE) и «ЗАПОРОЖЕЦ» ЗАЗ 968М – 005: Особенности и перспективы. – Вісник СХУ ім. В.Даля – 2004 - № 7(77) ч. 2, стр. 53-55

5. Губачева Л.О., Андреев О.О., Шевченко Д.Ю.: Пристрій для подачі твердого палива до установок для спалювання. Патент на корисну модель України, № 67440, F23K3(00) Бюл. № 4 от 27.02.2012.

References

1. S.O.Andreev. Stabil'nist' institucijnih zasad edinoj derzhavnoj sistemi civil'nogo zahistu Ukraïni jak vazhliva peredumova її nablizhennja do evropejs'kih standartiv./ Modernizacija derzhavnogo upravlinnja ta evropejs'ka integracija Ukraïni: materialy shhorich. Vseukr. nauk.-prakt. konf. za mizh nar. uchastju (Kiïv, 25 kvit. 2013 r.): u 2 t./ za

nauk. red. Ju.V.Kovbasjuka, K.O.Vashhenka, S.V.Zagordnjuka.-К.: NADU, 2013.-Т.2, stor.78-80.

2. Zolotnickij V., Mamedov V. Metan v motore. – «Za rulem». 11/97, str.162-163

3. G.G.Tokarev. Gazogeneratornye avtomobili. M.:MASHGIZ, 1955 goda.

4. Andreev A.A., Andreev S.A. Silovye agregaty avtomobilej «VOLKSWAGEN KAFER “VW82” (Dr. Ing. h.c. F.PORSCHE) i «ZAPOROZHEC» ZAZ 968M – 005: Osobennosti i perspektivy. – Visnik SNU im. V.Dalja – 2004 - № 7(77) ch. 2, str. 53-55

5. Gubacheva L.O., Andreev O.O., Shevchenko D.Ju.: Pristrij dlja podachi tverdogo paliva do ustanovok dlja spaljuvannja. Patent na korisnu model' Ukraïni, № 67440, F23K3(00) Bjul. № 4 ot 27.02.2012.

Андреев О. О., Андреев С. О. ПРО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГАЗОГЕНЕРАТОРНИХ АВТОМОБІЛЕЙ

Розглянуто питання можливості реконструкції спеціальних автомобілів на споживання як рідкого моторного палива, так і на використання альтернативного твердого палива при одночасному підвищенні технічних і економічних характеристик.

Ключові слова: автомобіль, двигун, газогенератор, динамічний фактор, вантажопідйомність, економічність, ефективність.

Andreev A. A., Andreev S. A. FOR IMPROVING THE EFFICIENCY GAS VEHICLES

The questions of the possible relocation of special vehicles for consumption as liquid motor fuels, and the use of alternative solid fuels while enhancing the technical and economic characteristics.

Keywords: car, engine, gasifier, the dynamic factor, capacity, efficiency, effectiveness.

Андреев А.А. - к.т.н., доц. кафедры «Компьютерные технологии на промышленном и городском транспорте», Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля, г. Луганск, Украина.

Андреев С.А. - к.н.г.у., доц. Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля, г. Луганск, Украина.

Рецензент: д.т.н., проф. Губачева Л.А.

Статья подана 19.06.2013

УДК 678.029.46:620.179.112

СТРУКТУРА ТА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВУГЛЕПЛАСТИКІВ НА ОСНОВІ ФЕНІЛОНУ С-2, АРМОВАНИХ МЕТАЛОВМІСНИМИ ВУГЛЕЦЕВИМИ ВОЛОКНАМИ

Буря О.І., Сафонова А.М., Губачева Л.О.

THE STRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF CARBON PLASTICS ON THE BASIS OF PHENYLONE C-2, REINFORCED BY METAL-CONTAINING CARBON FIBERS

Burya A., Safonova A., Gubacheva L.

Представлені результати досліджень впливу металовмісних вуглецевих волокон (Me-BB) на структуру та механічні властивості вуглепластиків (ВП) на основі термостійкого ароматичного поліаміду фенілон С-2. Показано, що використання Me-BB забезпечує, в порівнянні з вихідним полімером, підвищення міцності на 10% та модуля пружності на 130-317 МПа, що пояснюється впливом BB, активованих наночастками металу, на структуру полімерної матриці.

Ключові слова: фенілон С-2, металовуглецеві волокна, вуглепластик, структура, механічні властивості.

Вступ. Істотно поліпшити властивості ВП дозволяє модифікація поверхні вуглецевих волокон (BB) структурно-активними групами [1]. Встановлено [2], що найбільш ефективним методом для поліпшення як фізико-механічних і триботехнічних характеристик полімерів, так і адгезії BB до полімеру є використання елементвмісних BB. Як показали попередні дослідження, одним з перспективних видів BB такого типу є Me-BB, отримані шляхом карбонізації целюлозних волокон, просочених відповідною сполукою. Особливістю Me-BB є наявність в їхній структурі високодисперсних нанорозмірних металовмісних включень у вигляді відновлених металів, оксидів, карбідів, які надають Me-BB комплекс нових властивостей: адсорбційно-каталітичні, магнітні, біоцидні, антифрикційні [3].

Me-BB збільшують жорсткість, зменшують коефіцієнт тертя та інтенсивність лінійного зносу ВП в порівнянні з немодифікованими BB [4]. Посилюється також здатність до утворення регулярних структур, що уповільнюють деструктивні процеси в матриці при терті.

Як встановлено раніше [5], оптимальний вміст Me-BB для ВП на основі термостійкого поліаміду фенілон – 17 мас.%. Тому саме такого складу ВП ми використовували для визначення впливу на їхні властивості нанометалевого модифікатора Me-BB.

Експериментальна частина. В якості в'язучого був обраний термостійкий ароматичний поліамід марки фенілон С-2 (м-фенілен (ізо-, тере-) фталамід) (ТУ 6-05-221-226-72). Для армування полімерної матриці використовували розроблені Me-BB, що містять у своєму складі 14-26 мас.% високодисперсного металу, який при температурі термічної обробки (ТТО) 1073-1173 К каталізує утворення фази нанорозмірного упорядкованого вуглецю, структурним елементом якого є графенові шари.

Введення Cu, Co, Cr, Co-Ni в структуру BB здійснювали шляхом просочення целюлозних волокон хлоридами відповідних металів з наступною карбонізацією в струмі інертного газу. Швидкість зростання підйому температури до 773 К становила 2,5 град/хв., вище – 5 град/хв.

Таблиця 1

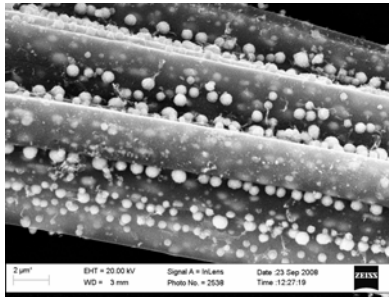
Характеристики металовуглецевих волокон

Зразок	ρ^* , г/см ³	C_{me} , мас. %
Cu-BB	1,8	20
Ni-BB	2,2	20
Co-BB	2,2	26
Co-Ni-BB	2,2	22
Cr-BB	1,7	14
BB	1,6	-

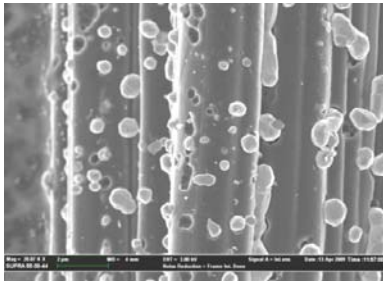
* густина Me-BB, виміряна за гексаном

В процесі карбонізації системи целюлоза – сіль відбувається терморозкладання полімерного

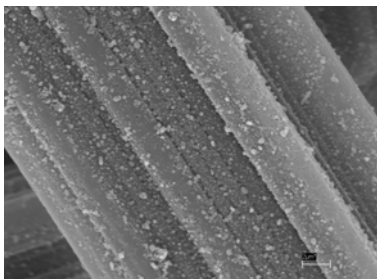
прекурсору і введених неорганічних домішок. Розкладання кожного з компонентів даної системи протікає при їхньому взаємному впливі. Особливості термічного розкладання целюлози визначаються продуктами термолізу сольової домішки [6].



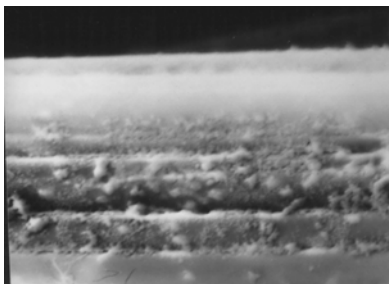
Cu-BB



Co-BB



Co-Ni-BB



Cr-BB

Рис. 1. SEM знімки Me-BB з ТТО 1173 К

З підвищенням температури термічної обробки (ТТО) до 1173 К продукти розкладання солей таких металів, як Cu, Co, Ni відновлюються до вільних металів під впливом продуктів карбонізації, а Cr – не відновлюються і утворюють оксидну фазу Cr₂O₃. В табл. 1 наведені характеристики отриманих Me-BB.

На рис. 1 наведені електронно-мікроскопічні знімки зразків Cu-BB, Co-BB, Co-Ni-BB і Cr-BB, отриманих в процесі карбонізації до 1173 К целюлозних волокон, імпрегнованих хлоридами відповідних металів.

При ТТО 873 К продукти терморозкладання солей являють собою високодисперсні фази оксидів або відновлених металів з розмірами часток порядку десятків нм. У процесі термічної обробки Me-BB до 1173 К високодисперсні частки, маючи високу поверхневу енергію і швидкість дифузії, мігрують по поверхні волокна і агрегують в більші частки з розміром порядку сотень нм.

Me-BB, отримані при 1173 К, мають такі характеристики: питомий електричний опір – 10^{-3} - 10^{-4} Ом⁻¹·м⁻¹, густина – 1,7-2,2 г/см³, міцність на розрив – 400-1000 МПа. Наявність в складі Me-BB металів підгрупи заліза надає їм магнітні властивості ($\sigma=31$ -60 Гс·см³/г), Cu – біоцидні, Cr – антикорозійні.

Слід зазначити, що модифікація BB металами покращує їхню змочуваність полімерними в'язучими [3, 6]. Це сприяє рівномірному розподілу Me-BB в полімері і дозволяє при однаковому наповненні композицій BB без металів і Me-BB більш ефективно використовувати Me-BB наповнювач для зниження електричного опору, усадки і коефіцієнта лінійного термічного розширення композицій. Характер розподілення BB і Me-BB в полімерному в'язучому ілюструє рис. 2.

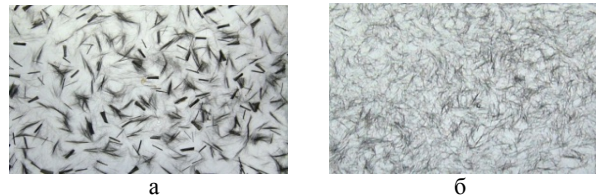


Рис. 2. Розподілення BB (а) і Me-BB (б) в полімерному в'язучому

Таким чином, наявність у структурі Me-BB мікронного розміру (діаметр волокна – близько 6-8 мкм) нанорозмірних фаз металів надає їм комплекс нових властивостей, характерних для нанорозмірних об'єктів, і відкриває широкі можливості їхнього практичного використання.

ІЧ-спектральний аналіз. Спектри реєстрували на інфрачервоному спектрофотометрі ИКС-29 у діапазоні 4000 – 400 см⁻¹. Зразки готували у вигляді таблеток з калійбромідом. Волокно Русар С подрібнювали ножицями, зразки композитів натирали з використанням надфіля. Наважка речовини для дослідження складала 5 – 10 мг. Зразок речовини змішували з ретельно просушеним порошком калійброміду масою близько 600 мг, і суміш пресували під навантаженням 175 кН у сталевій прямокутній прес-формі. Розмір таблеток 35×10 мм.

Зареєстровані на діаграмну стрічку спектри сканували і переводили у цифрову форму за допомогою програми Free Data Digitizer WinDIG 2.5

[7] для подальшої побудови графіків в координатах хвильове число – оптична густина.

Механічні властивості. Визначення руйнівного напруження, межі текучості та відносної деформації при стисненні проводили згідно з ГОСТ 4651-78 на машині FP-100. Для дослідження використовували зразки діаметром 10 мм і висотою 15 мм. Опорні площини зразків повинні бути паралельними в межах 0,1% від висоти зразка в напрямку, перпендикулярному напрямкові прикладеного навантаження.

Руйнівне напруження при стисненні (σ) обчислювали за формулою:

$$\sigma = P / S, \quad (1)$$

де P – навантаження, МПа; S – мінімальна площа поперечного перерізу зразка, мм².

$$S = \pi d^2 / 4, \quad (2)$$

де d – діаметр зразка, мм.

Відносну деформацію при стисненні (ε) обчислювали за формулою:

$$\varepsilon = \Delta h_{p.c.} \cdot 100 / h_o, \quad (3)$$

де $\Delta h_{p.c.}$ – зменшення висоти зразка при руйнуванні, мм; h_o – початкова висота зразка, мм.

Для визначення модуля пружності при стисненні (E) за діаграмою визначали значення навантажень, що відповідають величинам відносної деформації 0,1 і 0,3% (ГОСТ 9550-81). Розрахунок робили згідно зі співвідношенням:

$$E = \frac{(F_2 - F_1)h_o}{A_o(\Delta h_2 - \Delta h_1)}, \quad (4)$$

де F_1 – навантаження, що відповідає відносній деформації 0,1%, Н; F_2 – навантаження, що відповідає відносній деформації 0,3 %, Н; h_o – початкова висота зразка, мм; A_o – площа поперечного перерізу зразка, мм; Δh_1 – зміна висоти, що відповідає навантаженню F_1 ; Δh_2 – зміна висоти, що відповідає навантаженню F_2 .

Зйомка стиснених зразків після руйнування проводилась за допомогою фотоапарата Casio Exilim EX-Z60 в режимі макрозйомки.

Обговорення результатів дослідження.

Отримані спектри вуглепластиків (ВП) наведені на рис. 3, а хвильові числа смуг поглинання – в табл. 2.

Таблиця 2

Характеристики смуг поглинання вуглепластиків на основі фенілону С2, армованого металовмісними вуглецевими волокнами

Хвильові числа максимумів						Інтенсивність, форма	Віднесення
Вуглепластики армовані Ме-ВВ					Фенілон-С2 [8]		
Ст-ВВ	Со-ВВ	Ni-ВВ	Co/Ni-ВВ	Сu-ВВ			
~3250		~3250	3260	3270	3290	с.ш.	v NH Н-зв'яз. амідн. групи (Амід-А та Амід-В)
3060			3060	3060	3060		
1657	1663	1663	1661	1662	1656	дуже с.	v CO + v NH (Амід-І)
1641	1655, 1650	1644	1652, 1646	1651	1640 (пл.)		
1605	1609	1606	1607	1609	1605	дуже с. вузька	
1530	1530	1531	1531	1531	1527	с.вузька	Пульсаційні коливання бензольного кільця
		1512		1527		сл., пл.	
1481	1485	1482	1478	1482	1479	с.вузька	
1439	~1440	1442	1436	1441	1437	сл. пл.	
1544	1548	1548	1545	1548	1544	с.	v CO + v NH + δ NH (Амід-ІІ)
1412	1415	1410	1412	1413	1412	с.вузька	?
					1321	сл.	?
1307	1304	1303	1305	1306	1305	с.	?
	1256		1258	1259		сер.	
1248, уш	1243	1242	1243	1246	1246	с.	v CO + v NH + δ NH (Амід-ІІІ)
1192	1195	1193	1195	1195	1191	сл.	Плоскі коливання δ СН бензольного кільця
1167	1167	1168	1166	1168	1165	сл.	
		1121			1112	сер. ш.	
1086	1083	1085	1085	1086	1081	сер. ш.	
1017	1018	1019	1019	1018	1015	сер./сл. вузька	
1002	1002	1001	1002	1002	997		
~980	~980	976	~980	~980	965	сл. ш.	?
					924	сл. ш.	
862	861	859	862	863	859	сер..	Неплоскі коливання δ СН бензольного кільця
		818			816	сл.	
780	780	780	782	781	778	сер.	? Коливання за участю амідних груп
719	715	715	718	715	715	сер.	Неплоскі коливання δ NH (Амід V)
683	683	683	685	685	682	сер.	? Плоскі коливання δ NH (Амід IV)
					624	сл.	?
570	579	570	575	576	573	сер./сл.	Деформаційні скелетні коливання бензольних кілець и неплоскі деформаційні коливання С=О
			512	513	512	сер./сл.	
	459	448	459	458	449	сл	

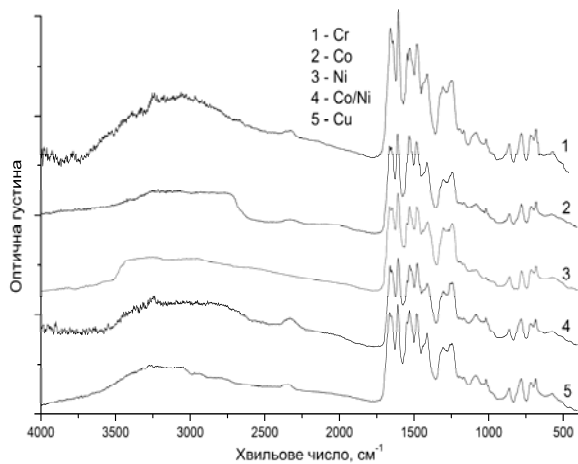


Рис. 3. ІЧ спектри поглинання вуглепластиків на основі фенілолу С-2, армованого металовмісними вуглецевими волокнами

В таблиці для порівняння також наведені хвильові числа відповідних смуг поглинання фенілолу С-2 [9].

Спектри композитів в загальних рисах відтворюють спектр фенілолу. В області валентних коливань атомів гідрогену спостерігається широка смуга (майже від 4000 до 1800 cm^{-1}) з маловираженими максимумами. Вона є результатом перекривання смуг зв'язаних і вільних амідних NH-груп, сюди ж попадають обертони ν C=O та смуги поглинання води, яка міститься в зразках або калійброміді. Максимуми в області 3250 і 3050 cm^{-1} відносять до валентних коливань, зв'язаних водневими зв'язками NH-груп.

Типові для ароматичних поліамідів і характерні для фенілолу С-2 інтенсивні смуги поглинання містяться в межах 1700 – 1200 cm^{-1} . Це, перш за все, смуги Амід I, Амід II і Амід III в межах 1660, 1550 і 1245 cm^{-1} та вузькі інтенсивні смуги, що відповідають коливанням ароматичних фрагментів (1605, 1530 і 1480 cm^{-1}). В межах 1200 – 400 cm^{-1} знаходяться менш інтенсивні смуги поглинання, серед яких слід відмітити смуги деформаційних коливань атомів гідрогену ароматичних фрагментів 860 cm^{-1} та ряд смуг 780, 719 і 683 cm^{-1} , що належать до коливань амідних груп.

Незважаючи на те що спектри ВП в цілому схожі на спектр фенілолу С-2, в них є і суттєві відмінності. Так, в спектрах ВП, де волокно було модифіковане міддю і сумішшю кобальту з нікелем, смуга Амід III розщеплена на дві компоненти, додатковий максимум лежить при 1258 cm^{-1} . В спектрах ВП з Co-BB цей пік менш чіткий, а в спектрі вуглепластика з Cr-BB смуга Амід III розширена у високочастотний бік, у результаті чого її максимум змістився до 1248 cm^{-1} . Спектри всіх означених вище чотирьох вуглепластиків містять і додаткові смуги поблизу Амід I при 1640 – 1650 cm^{-1} (в спектрі фенілолу тут спостерігається лише відносно слабе плече). Слід відзначити також

помітне розширення смуги 781 cm^{-1} та посилення і розширення смуги 1080 cm^{-1} . Останнє призводить до того, що смуга 1112 cm^{-1} стає непомітною на фоні піку 1080 cm^{-1} (у спектрі ВП з Cr-BB вона виявляється у вигляді плеча). Оскільки всі вказані особливості торкаються змін у смугах, що належать до амідних фрагментів, можна дійти висновку, що для ВП, що містять BB, модифіковані міддю, кобальтом, хромом та сумішшю кобальту з нікелем, має місце суттєвий вплив наповнювача на структуру поліамідної матриці, і цей вплив стосується саме амідних груп. Найбільше цей ефект виявляється в композитах з Cu-BB та Co-Ni-BB. Детальне вивчення хімічної природи впливу наповнювача на молекули полімеру потребує подальших досліджень, але дані робіт [10, 11] дозволяють припустити, що результатом цього впливу є руйнування водневих зв'язків, у яких беруть участь амідні групи.

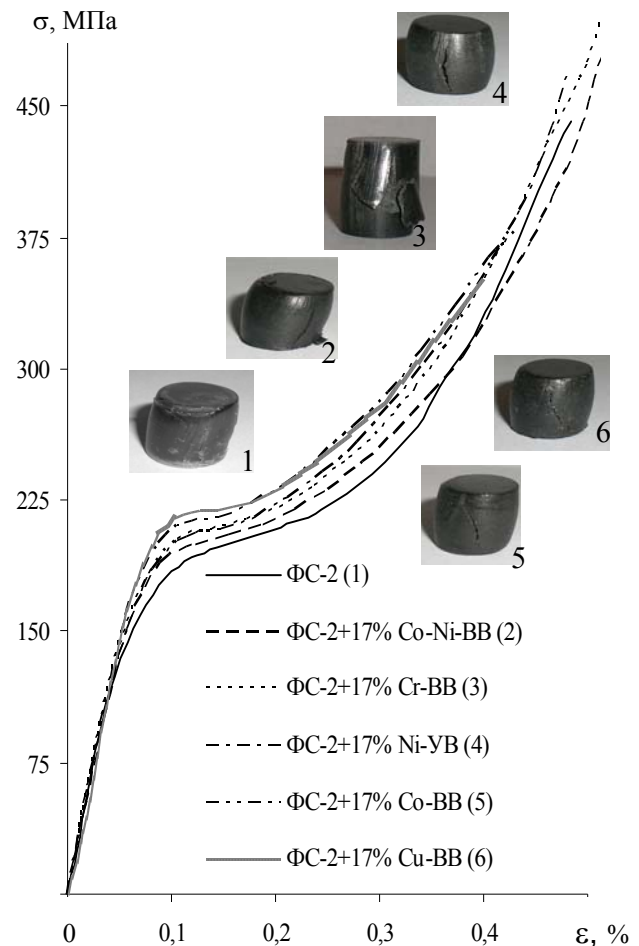


Рис. 4. Криві $\sigma - \epsilon$ фенілолу С-2 (1) і вуглепластиків на його основі, армованих (17 мас. %) металовмісними вуглецевими волокнами: Co-Ni-BB (2), Cr-BB (3), Ni-BB (4), Co-BB (5), Cu-BB (6) та характер їх руйнування

Що стосується ВП, наповненого Ni-BB, то його спектр дуже близький до спектра фенілолу С-2. Смуги поглинання в ньому добре розділені, що

говорить про високий ступінь впорядкованості полімерної матриці. Так, наприклад, смуга 780 см^{-1} в даному спектрі настільки вузька, що стає добре помітним слабкий пік при 818 см^{-1} .

Випробування на стиснення - один з найбільш широко використовуваних експериментальних методів для визначення таких механічних властивостей матеріалу, як межа текучості і міцність при стисненні, величина пластичної деформації, модуль пружності.

Криві напруження-деформація фенілону С-2 і вуглепластиків на його основі є характерними для полімерних матеріалів. Аналіз впливу металу-наномодифікатора в складі армуючого волокна на міцність вуглепластиків свідчить про те, що при армуванні полімерної матриці Cu-BB, Co-BB, Ni-BB, Cr-BB межа текучості та модуль пружності вищі, ніж у вихідного полімеру.

Таблиця 3

Механічні властивості фенілону С-2 та вуглепластиків на його основі

Показники	Фенілон С-2	Фенілон С-2 + 17 мас. % Ме-BB				
		Co-Ni	Cr	Ni	Co	Cu
Межа міцності при стисненні σ_m , МПа	361	381	368	372	377	337
Межа текучості при стисненні σ_{T2} , МПа	201,7	194,3	220,7	211,0	211,7	210,3
Модуль пружності при стисненні E, МПа	3313,6	3146,9	3437,5	3452,5	3459,2	3630,2
Відносна деформація ε , %	13,2	11,8	12,0	12,1	11,2	11,0

На кривих $\sigma - \varepsilon$ фенілону С-2 і ВП на його основі (рис.4) є прямолінійна ділянка до напруження, яке відповідає межі пропорційності; ділянка, де спостерігається деяке відхилення від закону Гука, пов'язане із сегментальною рухливістю макромолекул, межа текучості, після якої розвивається пластична деформація; стадія деформаційного зміцнення та руйнування. Всі наведені криві $\sigma - \varepsilon$ належать до V типу [12], які Мейнел та Петерлін [13] розглядають як результат конкретного розвитку двох процесів. Спочатку пластична течія відбувається з руйнуванням вихідної структури полімерного матеріалу: результатом цього процесу є падіння навантаження. Якщо після цього руйнування не відбудеться, то накопичення деформації супроводжується руйнуванням попередньої структури полімерного в'язучого і перебудовою її в нову, що, як правило, характеризується більшою міцністю. Зі збільшенням кількості ланок полімеру, що набувають нової структури, зростає опір матеріалу деформації, і настає стадія деформаційного зміцнення, крива напруження-деформація знову починає підніматись. Чим крутіше піднімається крива, тим більш інтенсивно, аж до руйнування, йде переорієнтація полімерних макромолекул.

Характер руйнування зразків, як видно з рис. 4, різний: одні з них руйнуються крихко з подальшим відділенням фрагментів (Cr-BB), інші - з утворенням тріщин (Co-BB, Cu-BB, Ni-BB), решта (Co-Ni-BB та фенілон С-2) - пластично за рахунок втрати стійкості.

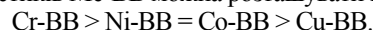
Як видно з результатів досліджень, представлених в табл. 4, механічні властивості вуглепластиків, отриманих при армуванні полімерної матриці Cu-BB, Co-BB, Ni-BB, покращуються, а саме межа текучості при стисканні - на 10%, а модуль пружності - на 130-317 МПа в порівнянні з вихідним полімером.

Висновки: 1. В спектрах композитів, наповнених Cr-BB, Co-BB, Co-Ni-BB і Cu-BB (особливо в двох останніх випадках), виявлені

суттєві зміни в смугах поглинання, які належать до коливань амідних груп, що свідчить про суттєвий вплив наповнювача на структуру полімеру і про те, що цей вплив відбувається саме через амідні фрагменти.

2. Аналіз спектрів свідчить, що структура полімерної матриці для вуглепластика, наповненого Ni-BB, порівняно з фенілоном С-2, є найбільш впорядкованою.

3. В цілому за впливом на механічні властивості вуглепластиків Ме-BB можна розташувати в ряд:



Література

- Буря А.И., Дубкова В.И., Ермоленко И.Н. Исследование влияния медьсодержащих углеродных волокон на свойства ароматического полиамида / Доклады АН БССР, 190, т. XXXIV, №3, С.246-249..
- Буря А.И., Бурмистр М.В., Рула И.В., Сафонова А.М. Исследование триботехнических характеристик углепластиков на основе фенилона, армированных никельсодержащими углеродными волокнами // Тезисы докладов Международной научно-технической конференции «Полимерные композиты и трибология (ПОЛИКОМТРИБ-2007), 16-19 июля 2007, Гомель, Беларусь. С. 22-23.
- Ермоленко И.Н. Гулько Н.В., Люблинер И.П. Элементосодержащие угольные волокнистые материалы. - Минск: Наука и техника, 1982. - 272 с
- Буря А.И. Свойства и опыт применения углепластиков в сельхозмашиностроении // Методические рекомендации, Киев: Общество "Знание", 1992. - 29 с.
- Буря А.И., Чукаловский П.А., Рула И.В., Сафонова А.М. Разработка и исследование свойств термостойких углепластиков на основе фенилона и никельсодержащих углеродных волокон // Материалы IX Российско-Китайского Симпозиума «Новые материалы и технологии», том 1, Астрахань, Россия, 19-22 сентября 2007. Интерконтакт Наука, Москва, 2007. - С. 243-247.
- Сафонова А.М. Шпилевская Л.Е., Сметанина О.В. Металлоуглеродные волокна и композиции на их основе // Вопросы материаловедения. - 2009. - №1 (57). - С. 170-180.

7. Логвиненко Д.Д., Шеляков О.П. Интенсификация технологических процессов в аппаратах с вихревым слоем. – К.: Техніка, 1976. – 144 с.
8. Фридляндер И.Н. Современные тенденции в развитии композиционных материалов // Журнал Всесоюзного химического общества – 1991. – 36. – №6. – С.652-656.
9. Селиванов А.И., Артемьев Ю.Н. Теоретические основы ремонта и надежности сельскохозяйственной техники. – М.: Колос, 1978. – 139 с.
10. Заболоцкий А.А., Варшавский В.Я. Полиармированные (гибридные) композиционные материалы /Итоги науки и техники. ВИНТИ, Композиционные материалы. Том 2. – М., 1984. – 104 с.
11. Кузнецов В.А. Гибридные композиционные материалы на основе химических волокон и нитей с органической матрицей / Итоги науки и техники. ВИНТИ, Химия и технология высокомолекулярных соединений. – 1986. – Вып. 21. – С. 199-249.
12. Херцберг Р.В. Деформация и механика разрушения конструкционных материалов. // Пер. с англ. Под ред. Бернштейна М.Л., Ефименко С.П. – М.: Металлургия, 1989. – 576 с.
13. Meinel G. and Peterlin A. J. Polym. Sci., Part. A-2, 9. – 1971. – p.67.
9. Selivanov A.I., Artemyev Yu.N. Teoreticheskiye osnovy remonta selskohozyaystvennoy tecnicki. – М.: Kolos, 1978. – 139 p.
10. Zabolotskiy A.A., Varshavskiy V.Ya. Poliarmirovannyye (gibridnyye) kompozitsyonnye materialy / Itogi nauki i tehniki. VINITI, Kompozitsyonnye materialy. Volume 2. – М., 1984. – 104 p.
11. Kuznetsov V.A. Gibridnyye kompozitsyonnye materialy na osnove himicheskikh volokon i nitey s orhanicheskoy matritsey / Itogi nauki i tehniki. VINITI, Himiya i tehnologiya vysokomolekulyarnykh soediniy. – 1986. – Vol. 21. – P. 199-249.
12. Herzberg R.V. Deformatsiya i mekhanika razrusheniya konstruktivnykh materialov // Per. s angl. Pod. red. Bernsteina M.L., Efimenko S.P. – М.: Metallurhiya, 1989. – 576 p.
13. Meinel G. and Peterlin A. J. Polym. Sci., Part. A-2, 9. – 1971. – P. 67.

References

1. Burya A.I., Dubkova V.I., Yermolenko I. N. Issledovaniye vliyaniya soderzhaniya med'soderzhaschih uglerodnyh volokon aromatycheskogo poliamida / Doklady AN BSSR, 190, v. XXXIV, № 3, P.246-249.
2. Burya A.I., Burmistr M.V., Rula I.V., Safonova A. M. Issledovaniye trybotekhnicheskikh haracteristic ugleplastikov na osnove fenilona, armyrovannykh nikelsoderzhaschymi uglerodnymi voloknami // Tezisy dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy konferencyi "Polimernyye kompozity i tribologiya (POLYKOMTRYB-2007), 16-19 iyula 2007, Gomel, Belarus. P. 22-23.
3. Yermolenko I.N., Gulko N.V., Lyublyner I.P. Elementosoderzhaschyye ugolnyye voloknystyye materialy. – Minsk: Nauka i tehnika, 1982. – 272 pp.
4. Burya A.I. Svoystva i opyt primeneniya ugleplastikov v selhozmashynostroenyy // Metodicheskiye rekomenda-tsy, Kiev: Obschestvo "Znaniye", 1992. – 29 p.
5. Burya A.I., Chukalovskyy P.A., Rula I.V., Safonova A.M. Razrabotka i issledovaniye svoystv termostoykikh ugleplastikov na osnove fenilona i nykelsoderzhaschih uglerodnyh volokon // Materialy IX Russiysko-Kitayskogo Simposiuma «Novyye materialy i tehnologii», Volume 1, Astrakhan, Rossiya, 19-22 sentyabrya 2007. Interkontakt Nauka, Moskva, 2007. – P. 243-247.
6. Safonova A.M., Shpilevskaya L.E., Smetanyina O.V. Metallouhlerodnyye volokna i kompozitsyy na ih osnove // Voprosy materialovedeniya. – 2009. – № 1 (57). – P. 170-180.
7. Logvinenko D.D., Shelyakov O.P. Intensifikatsiya tehnologicheskikh processov v apparatah s vyhrevym sloem. – К.: Tehnika, 1976. – 144 p.
8. Fridlyander I.N. Sovremennyye tendentsyi v razvityi kompozitsyonnykh materialov // Zhurnal Vsesoyuznogo himicheskogo obschestva – 1991. – 36. – № 6. – P. 652-656.

Буря А.И., Сафонова А.М., Губачева Л.А. Структура и механические свойства углепластиков на основе фенилона С-2, армированных металлоконтражающими углеродными волокнами

Представлены результаты исследований влияния металлоконтражающих углеродных волокон (Me-УВ) на структуру и механические свойства углепластиков (УП) на основе термостойкого ароматического полиамида фенилон С-2. Показано, что использование Me-УВ обеспечивает, по сравнению с исходным полимером, повышение прочности на 10% и модуля упругости на 130-317 МПа, что объясняется влиянием УВ, активированных наночастицами металла, на структуру полимерной матрицы.

Ключевые слова: фенилон С-2, металлоконтражающие углеродные волокна, углепластик, структура, механические свойства.

Burya A., Safonova A., Gubacheva L. The structure and mechanical properties of carbon plastics on the basis of phenylene C-2, reinforced by metal-containing carbon fibers

The producing results of studies of the metal-containing carbon fibers (Me-CF) impact on the structure and mechanical properties of carbon plastics (CP) on the basis of thermoresistant aromatic polyamide phenylene C-2. It is shown that the using of Me-CF provides – in comparison with initial polymer – increasing of strength by 10% and elastic modulus at 130-317 MPa, due to the influence of CF, activated by metal nanoparticles on the structure of polymer matrix.

Keywords: phenylene C-2, metal-containing carbon fibers, carbon plastic, structure, mechanical properties.

Буря О.И. – к.т.н., профессор кафедры промышленної біотехнології та загальної хімії, ДДТУ, м. Дніпродзержинськ, Дніпропетровська обл., Україна, e-mail: ol.burya@gmail.com

Сафонова А.М. – к.х.н., старший науковий співробітник ДНЗ «Інститут загальної та неорганічної хімії Національної академії наук Білорусі», м. Мінськ, Білорусь, e-mail: safonova@igic.bas-net.by

Губачева Л.О. – д.т.н., професор, зав. кафедри комп'ютерних технологій на промисловому і міському транспорті, ЧУУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна, e-mail: gubacheva_snu@bk.ru

Стаття подана 12.07.2013

УДК 539.375:620.178:669.017

МЕХАНИЧЕСКИЕ И ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГАЗОВЫДЕЛЕНИЯ ТРУБОПРОВОДНЫХ СТАЛЕЙ КАК ФУНКЦИЯ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ЛЕГИРОВАНИЯ ВОДОРОДОМ

Гринкевич К.Э., Цирульник А.Т., Роман Е., Невшупа Р.А.

MECHANICAL AND TRIBOLOGICAL CHARACTERISTICS OF GAS-MAIN PIPELINE STEELS AS FUNCTION OF ELECTROLYTIC HYDROGEN DOPING

Grinkevych K.E., Tsyurulnyk O.T., Roman E., Nevshupa R.

An accelerated wear test with scanning dynamic load was developed to monitor the evolution of wear characteristics and frictional behaviour as function of operational lifetime and hydrogen charging. Hydrogen concentration in the steel specimens was determined using an original technique TriDes developed in ICMM-CSIC (Madrid, Spain) and based on mechanically stimulated gas emission in ultrahigh vacuum. Hydrogen charging before mechanical and tribological tests enhanced the difference in mechanical and tribological characteristics between new samples and the samples after long operation life. Therefore, hydrogen charging together with dynamic indentation and tribological testing can be used in the future for non-destructive control of submicrometer defects and deterioration of mechanical properties of construction steels used for gas pipes.

Keywords: gas main pipe steel, mechanical properties, hydrogen embrittlement

Introduction. Indentation and friction tests can be used for virtually non-destructive evaluation of operational microstructural damage of steel of gas-main pipes. Degradation of characteristics of structural materials usually occurs during their long-term operation. Therefore, the assessment of the operational conditions of constructions should not be focused only on the presence of macroscopic defects related to corrosion or mechanical damage, but also include the analysis of the degree of degradation of the material characteristics. So far the main activity in this area has been centred on the heat-resistant steels and alloys which operate at elevated temperatures. These steels undergo important microscopic structural transformations due to the effects of high temperature and hydrogen uptake, which processes are of special concern in power generation and petrochemistry [1].

Degradation of low-carbon steel in outdoor applications consists mainly in increase in hardness, elastic limit and ultimate stress, and significant decrease in fracture toughness and crack growth resistance [2]. Until recently it was generally believed that this degradation is related to deformational ageing, whereas the effect of structural transformations is negligible [3]. This belief is based on the analysis of gas-main pipes after operation during one to two decades. Presently, there are some evidences that different degradation processes may occur during even

longer operation life, between 30 and 50 years. Generation of dispersed microscopic faults in the material bulk is considered as the main reason for these degradation processes which lead to decrease in hardness, elastic limit and ultimate stress and even more significant decrease in fracture toughness and crack growth resistance [4]. In fact, the majority of accidents having significant economic, environmental and human impacts are considered being the consequence of these second degradation processes.

There are two principal mechanisms lying behind dispersed microscopic structural degradation of steels. The first one is related to the absorption of hydrogen as a result of cathodic electrochemical corrosion reactions of steels in aqueous solutions. The hydrogen content in pipes being in operation is typically 2 to 4 times higher than in the pipes stored during the same period time [4]. The second one is due to structural transformations induced by carbon migration from the grains to the intergranular boundaries, where carbide layers of nanometre thickness are formed. These carbide layers cause local embrittlement of the material and reduce the cohesion between the grains [5]. There are some experimental evidences indicating that hydrogen enhances carbon diffusion and promotes

generation of microscopic faults under applied stress by the mechanism of hydrogen embrittlement [4]. For instance, there is a pronounced correlation between the decrease in fracture toughness of pipe steel, which is insensitive to hydrogen embrittlement, but sensitive to the microscopic structural faults and the increase in hydrogen content in this steel as results of operation [6]. It can be figure out from these results that hydrogen induces generation of dispersed microscopic structural faults in the steel.

Objectives. The existent methods of non-destructive evaluation are efficient for detection of macroscopic defects in gas-main pipes. However, they are not sensitive to dispersed microstructural faults. Other physical methods whereby the dispersed microscopic faults in the pipe steel can be evaluated, e.g., internal friction, suffer from technical and technological difficulties of in-situ analysis of the pipes. Therefore, indentation and rubbing, which can be used both for evaluation of plastic properties and fracture toughness of steels, are good candidates for prospective virtually non-destructive evaluation technique of operational degradation of gas-main pipes.

Experimental results and discussion. Two pipe steels of the same strength class have been used in this work: API X52 carbon steel and 17G1S (GOST 10705-80) analogous to DIN 1.0570. Samples were cut from the pipes which were stored or operated during approx. 30 years on two different gas-main pipes.

Long-term operation has only limited negative effect on standard mechanical characteristics of both steels (Table1, Fig. 1), but significant influence on the impact toughness KCV and fracture toughness J_i . It can be figured out from these results that operation causes local embrittlement of steel rather than general degradation of its plastic properties. It should be noted that steel 17G1S has higher strength and plasticity than X52 as can be inferred from the parameters KCV and J_i .

The results of wear tests for both steels showed that degradation due to operation had no significant effect on the depth parameter I_c and friction force F under static loading conditions (Table1, Fig.2).

However, the plasticity significantly decreased under these conditions. In contrast, under dynamic loading I_d increased, that was especially notable for X52 for which I_d increased on 42%.

Table 1

Mechanical and tribological characteristics of steels X52 and 17G1S

	HV	σ	ψ	δ	KCV	J_i	I_c	I_d	F_c	F_d	I_c^*	I_d^*	K_c^*	K_o^*
X52 stored	1,83	475	72,9	22,7	177	86	12,8	25,6	14,5	3,9	9,1	31,5	0,173	0,380
X52 operated	1,6	460	62,5	20,9	55	37	12,9	36,7	15,3	4	13,1	39,6	0,076	0,274
17G1S stored	1,85	595	79	22,9	206	122	9,8	23,5	9,8	0,9	11,7	32,3	0,200	0,330
17G1S operated	1,69	547	71	20,8	138	89	11,7	32,9	9,7	1	14,1	36,6	0,100	0,330

*-parameters of steels determined after electrolytic hydrogen doping

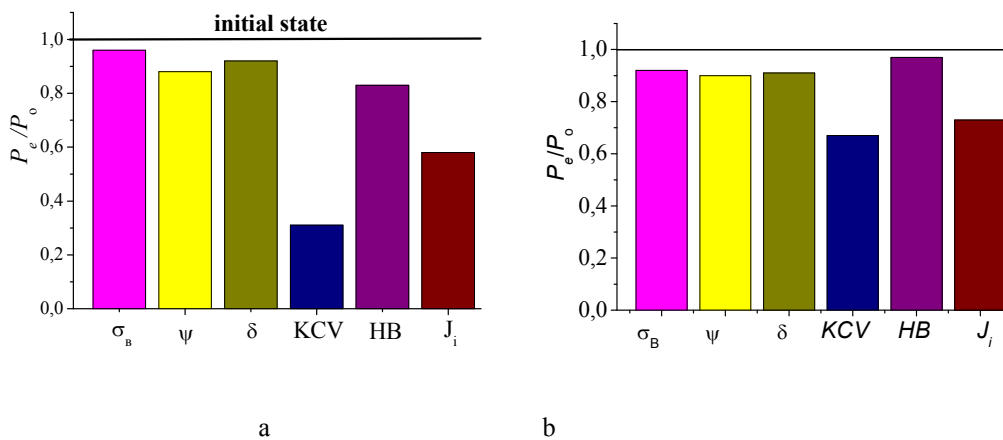


Fig. 1. Ratios of various characteristics for steels obtained from the pipes being in operation and those stored without operation. Steel X52 (a) and 17G1S (b)

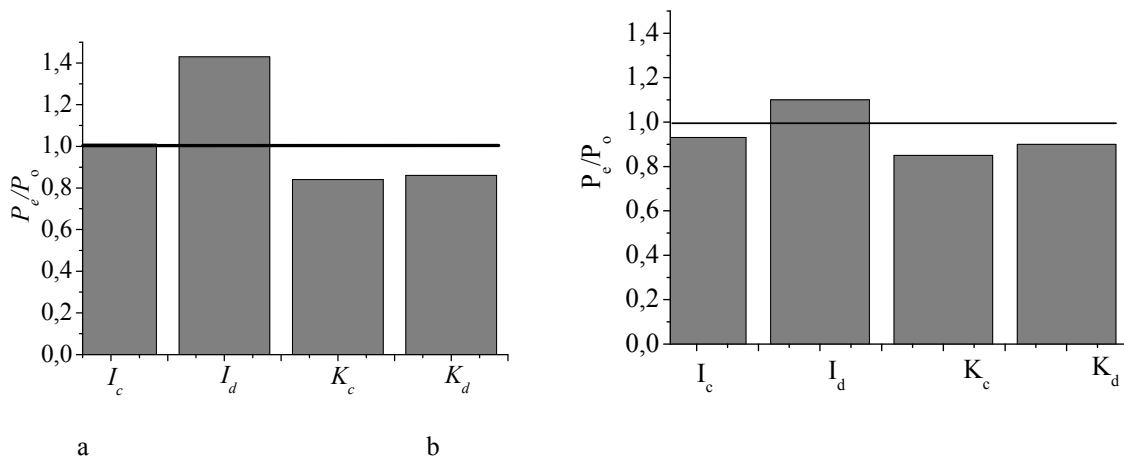


Fig. 2. Ratios of the parameters I and K for steels obtained from the pipes being in operation and those stored without operation. Steel X52 (a) and 17G1S (b).

Coefficient of plasticity also decreased in the experiments with dynamic loading for steel being under operation. The following parameters were used for characterization steel degradation: plasticity coefficient, K ; total depth of the wear track, I , being the sum of the plastic deformation under applied normal load and traction, I_p , and damage of the material due to fracture of local volumes, I_f . While operation had only minor effect on the wear of steels under static loading conditions, the components I_{dp} and I_{df} drastically increased under dynamic loading (Fig. 3).

Mass wear under dynamic loading was especially sensitive to the structural damage due to steel operation and increased on 60% and 150% for 17G1S and X52, correspondingly, as compared with the samples of stored steel pipes, which were not in operation. These results can, probably, be ascribed to decrease in fracture toughness due to specific stress distribution in the subsurface layer of steel which was in operation. Same mechanisms lie behind fatigue damage of steel. Another important problem is related to significant increase in the activation volume of deformation under dynamic loading that can result in the increase in probability of involvement in the process of plastic deformation of locally embrittled microscopic volumes.

Enhancement of damage of steel on microscopic scale as result of long-term operation is evident from the results of acoustic emission (AE) measurements during indentation of X52 (Fig. 4). Steel samples which were in operation are characterized by smaller number of AE sources, but up to four-fold higher amplitude of AE signals. This can be explained by the presence of locally embrittled microscopic volumes

which hinder plastic deformation as can be figured out from lower values of ψ and δ . Higher rate of AE can be ascribed to different high-energy events related to fracture of embrittled zones which had not been observed for steel which was not in operation. The results of reciprocating wear test in high vacuum performed by alumina pin (Fig. 5) corroborate the above conclusions. For steel 17G1S the wear rate rapidly decreased at the beginning of sliding tests and almost stabilized after 100 cycles.

The effect of operation consisted in the increase of the wear on the initial stage, whereas the overall tendency was the same as for the stored steel. This behaviour can be ascribed to fracture component of wear, which increase after operation. In contrast, the wear rate of X52 did not stabilize and continued increasing with the number of cycles although with ever slower rate. This had to be due to the larger plastic component of X52.

By comparing the graphs in Figs.1 and 3 one can note that the wear parameter under dynamic loading I_{df} is more sensitive to operational degradation of steel than KCV or J_i . The results also indicate that steel X52 underwent severer degradation due to operation than steel 17G1S. These findings abundantly evidenced the perspectives of wear measurements under dynamic loading for non-destructive evaluation of degradation of pipe steel.

Previous studies revealed that irreversible deterioration of low-carbon steels occurs when steel is exposed to cathodic electrolytic hydrogen doping with the current density higher $i = 5 \text{ mA/cm}^2$. Therefore, in the present work the effect of hydrogen on steel degradation was studied in the range of current densities from 0,1 to 2.

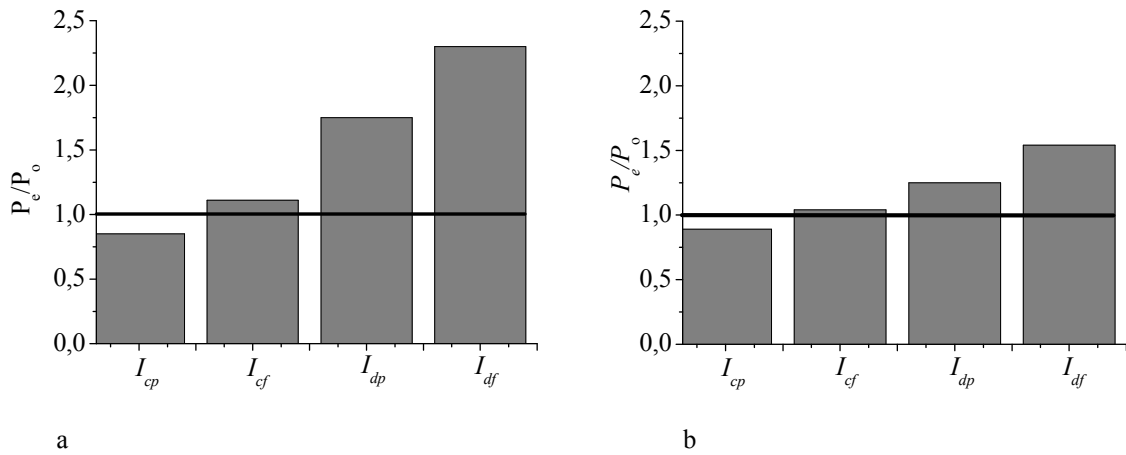


Fig. 3 Ratios of the parameters I_p and I_f for steels obtained from the pipes being in operation and those stored without operation. Steel X52 (a) and 17G1S (b)

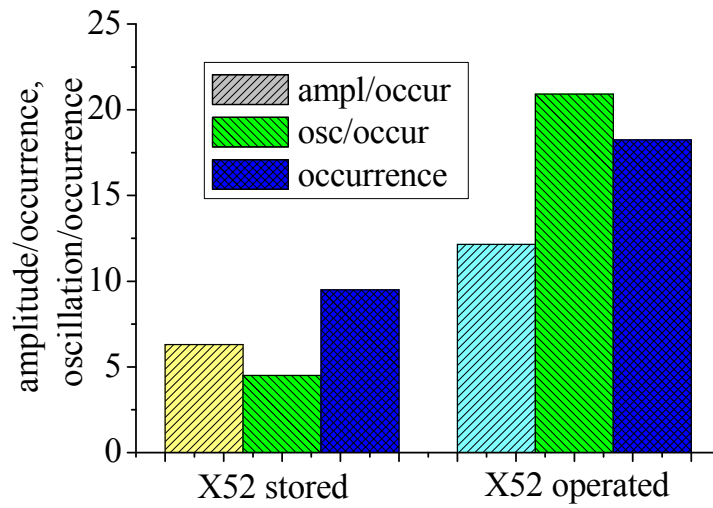


Fig. 4. Results of acoustic emission measurements during indentation of X52

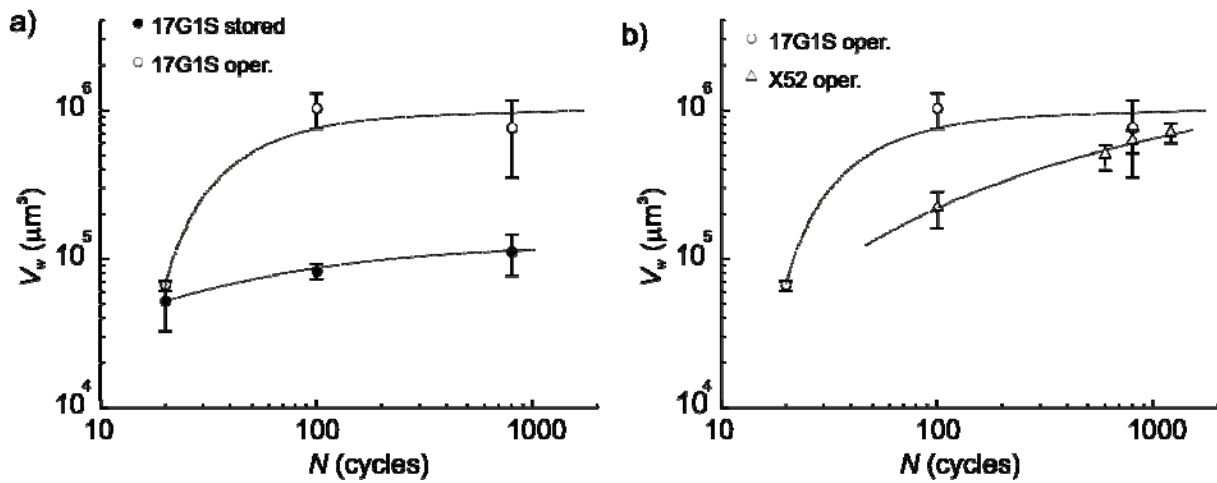


Fig. 5. Volume of worn material as function of the number of reciprocating sliding cycles

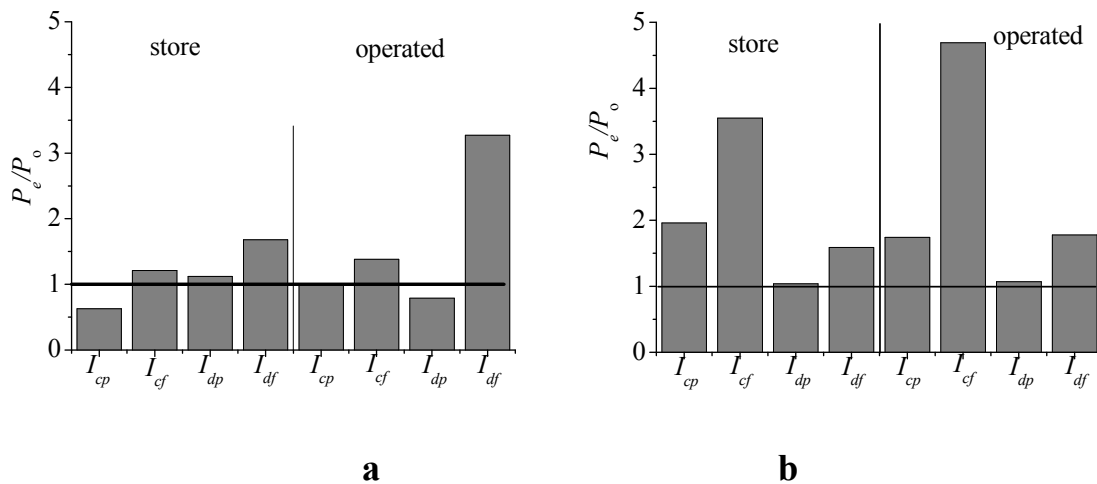


Fig. 6. Effect of hydrogen doping on various parameters of steels: X52 (a) and 17G1S (b)

By doing so the reversible hydrogen embrittlement of steel related to diffusive or dislocation transport mechanisms could be studied. For the lowest studied current density (0,1mA/cm²) the effect of hydrogen doping on the total depth of the wear track is very weak if any both under static and dynamic loading (Table 1, *I*^{*}, *K*^{*}). However, the plasticity of steel was significantly reduced due to hydrogen embrittlement even at such a low hydrogen

concentration. This effect was especially notable under static loading. There are two possible mechanisms whereby hydrogen affects the wear rate of steels. The first one has to be related to the increase of the elastic limit due to dislocation blocking that leads to the increase of the wear resistance. Another one is due to hydrogen embrittlement that results in enhanced fracture of the topmost layer of the material especially under dynamic loading. The first and the second mechanisms are proper for X52 and 17G1S, correspondingly, as shown in Fig. 6.

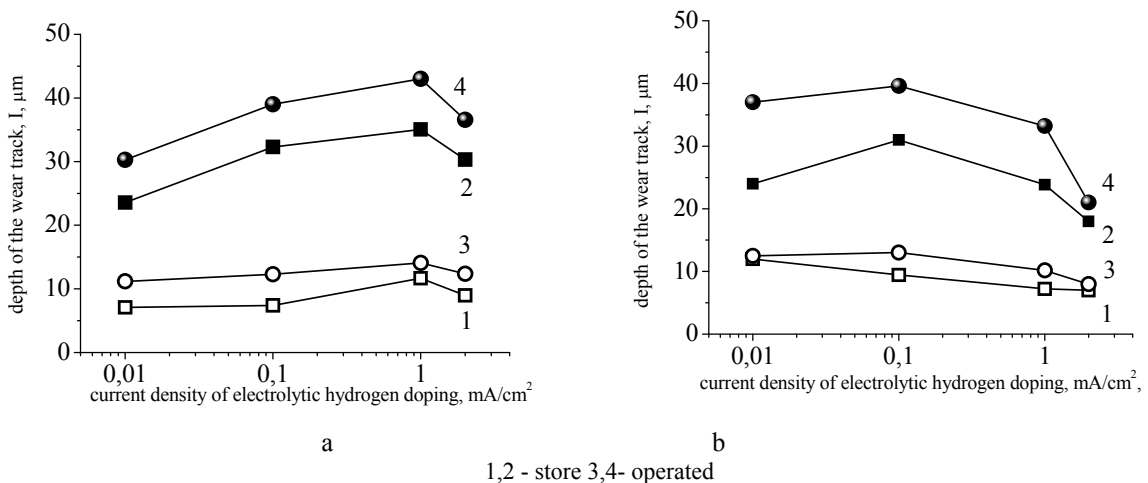


Fig. 7. Effect of current density during electrolytic hydrogen doping on the depth of the wear track for steels X52 (a) and 17G1S (b) under static (1,3) and dynamic (2,4) loading

Hydrogen doping caused small or negligible decrease in the plastic component of the depth of the wear tracks under both static and dynamic loading. However, the fracture component significantly increased. For X52 under static loading this increase was 20% and 50% for stored steel and steel being in operation, correspondingly. Under dynamic loading the effect of hydrogen doping was even more significant, especially for steel being in operation. Similar results were obtained also for 17G1S steel, although larger difference was observed under static loading. These findings indicate that steel 17G1S is more susceptible to hydrogen embrittlement. It should be mentioned though the fracture component of wear drastically increased, the total depth of the wear track increased 21% and 37% for X52 and 17G1S, correspondingly.

Hydrogen doping of pipe steel before friction test can significantly increase the sensitivity of the method for evaluation the degree of deterioration of steel due to operation. Dynamic loading is more sensitive for this purpose. However, the relationship between the parameters found from tribological tests and the hydrogen doping are nonlinear and very complex due to different mechanisms involved. The effect of hydrogen on the results of tribotesting must depend on chemical composition, structure and susceptibility for hydrogen embrittlement of steels. This is illustrated in Fig.7, which shows the effect of the current density on the depth of the wear track under dynamic and static loading. Variation of I with i follows the same tendency for both studied steels: at low current density it increases with the increase in i , whereas after certain value of i it decreases. Therefore, at low hydrogen concentrations hydrogen doping enhances wear process, whereas at higher H concentrations wear is hindered.

Conclusions. Degradation of steel during long-term operation in outdoor applications such as gas-main pipes relates with embrittlement of local microscopic volumes of the material rather than with general decrease of plasticity. Steel X52 experienced larger degradation than steel 17G1S.

Though plasticity coefficient decreased for both steels as result of operation, wear rate increased only under dynamic loading. Both components characterising wear rate: depth of plastic deformation, I_p , and wear due to mass loss related with fracture of local zones, I_f , increase under dynamic loading for steel being in operation. This effect was especially

significant for I_f : 60% for 17G1S and 150% for X52. Structural degradation of steel on microscopic scale has been confirmed by measuring acoustic emission during indentation.

The parameter of wear under dynamic loading, I_{df} , is more sensitive for the degree of steel structural degradation than general toughness parameters KCV and J_i .

The effect of hydrogen doping on the total depth of the wear track was negligible under both static and dynamic loading, although plasticity coefficient significantly decreased that indicated hydrogen embrittlement.

Hydrogen doping can have dual effect on the plastic component on the depth of the wear track: increasing or decreasing one. However, the fracture component of the wear track significantly increased after hydrogen doping, which effect was more notable for steel being in operation. Authors kindly thank Shurygina Z., Mordel L., Tkachenko I. and Kozyrev D., (Frantsevich Institute for Problems of Materials Science of NASU) for assistance in indentation and tribology tests. This work has been partly supported by the grant of the Ministry of Economy and Competitiveness of Spain (IPT-2012-1167-120000) and FEDER.

References

1. Nykyforchyn H.M., and Student O.Z., Assessment of high-temperature hydrogen degradation of power equipment steels // Proc. 16-th European Conf. of Fracture Fracture of Nano and Engineering Materials and Structures.– Alexandroupolis, Springer, 2006. P. 1011–1012.
2. Penquin A.G., Terentev V.F., Maslov L.G., Assessment of the degradsii mechanical properties and residual resource efficiency ispolzovaniaem pipe steel with acoustic emission techniques and kinetic hardness [In Russian]. www.sds.ru/articles/degradation/index.html, 2004.
3. Krasowsky A.Y., Dolgiy A.A., and Torop V.M. Charpy testing to estimate pipeline steel degradation after 30 years of operation // Proc. Charpy Centary Conference, Poitiers. – 2001. – V. 1. – P. 489–495
4. Nykyforchyn H., Lunarska E., Tsyulnyk O. et al. Environmentally assisted “in-bulk” steel degradation of long term service gas trunkline // Eng. Failure Analysis. – 2010. – 17. – P. 624–632.
5. Nechayev Y.S. Complex physical problems of aging, embrittlement and fracture of metallic materials for the hydrogen energy industry and main gas pipelines. //

Advances in physics. – 2008. – № 7. – С. 709-726 (In Russian).

5. Tsyurulnyk O. T., Nykyforchyn H. M., O. I. Zvirko, and Petryna D. Yu., Embrittlement of the steel of an oil-trunk pipeline // Materials Science. – 2004. – № 2. – P. 302–304.

Гринкевич К.Е., Цирульник О.Т., Роман Е., Невшупа Р.А. Механічні та трибологічні характеристики газовиділення трубопровідних сталей як функція електролітичного легування воднем

Прискорене випробування зносу зі скануванням динамічного навантаження було розроблено, щоб стежити за розвитком характеристик зносу і тертя в період експлуатації і зарядки воднем. Концентрацію водню в сталевих зразках визначали за допомогою оригінальної методики TriDes, розробленої в ICMM-CSIC (Мадрид, Іспанія) заснованої на механічному стимулюванні газів у надвисокому вакуумі. Воднева зарядка до механічних і трибологічних випробувань підвищує механічні та трибологічні характеристики нових зразків порівняно із зразками після тривалого терміну експлуатації. Таким чином, воднева зарядка разом з динамічним навантаженням і трибологічним тестуванням може бути використана в майбутньому для неруйнівного контролю субмікронних дефектів і підвищення механічних властивостей конструкційних сталей, що використовуються для газових труб.

Ключові слова: газове виділення трубопровідної сталі, механічні властивості, воднева крихкість

Гринкевич К.Э., Цирульник А.Т., Роман Е., Невшупа Р.А. Механические и трибологические характеристики газовой выделения трубопроводных сталей как функция электролитического легирования водородом

Ускоренное испытание износа со сканированием динамической нагрузки было разработано, чтобы следить за развитием характеристик износа и трения в период эксплуатации и зарядки водородом.

Концентрацию водорода в стальных образцах определяли с помощью оригинальной методики TriDes, разработанной в ICMM-CSIC (Мадрид, Испания), основанной на механическом стимулировании газов в сверхвысоком вакууме. Водородная зарядка до механических и трибологических испытаний повышает механические и трибологические характеристики новых образцов по сравнению с образцами после длительного срока эксплуатации. Таким образом, водородная зарядка вместе с динамической нагрузкой и трибологическим тестированием может быть использована в будущем для неразрушающего контроля субмикронных дефектов и повышения механических свойств конструкционных сталей, используемых для газовых труб.

Ключевые слова: газовой выделение трубопроводной стали, механические свойства, водородная хрупкость

Grinkevych K.E. - Frantsevich Institute for Problems of Materials Science of NASU, Krzhynanovskiy Str. 3, 03680 Kyiv, Ukraine, email: kevich@ukr.net

Tsyurulnyk O.T. - Karpenko Physico-Mechanical Institute of NASU, 5, Naukova St., 79601 Lviv, Ukraine.

Roman E. - Institute of Material Science of Madrid, C/Sor Juana Inés de la Cruz, 3, Madrid 28033, Spain.

Nevshupa R. - IETCC-CSIC, C/Serrano Galvache 4, Madrid 28033, Spain.

Статья подана 7.08.2013

УДК 629.421.5

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОДЕРНИЗИРОВАННЫХ ВАГОНОВ-ХОППЕРОВ С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ ДЛЯ САМОРАЗГРУЗКИ

Губачева Л.О., Леонова С.А.

EVALUATION OF ECONOMIC EFFICIENCY OF USE OF MODERNIZED HOPPER CARS WITH ELECTRICAL EQUIPMENT FOR SELF-DISCHARGE

Gubacheva L.A., Leonova S.A.

Представлены результаты исследования современных модернизированных вагонов-хопперов в добывающей промышленности. Рассмотрена задача снижения расхода энергии и материальных затрат на выгрузку массовых сыпучих грузов. Показана экономическая эффективность использования вагонов-хопперов с электрическим оборудованием для разгрузки в сравнении с вагонами-самосвалами (думпкарами).

Ключевые слова: вагон-хоппер, вагон-самосвал, оборудование для разгрузки, тяговый расчет, экономическая эффективность.

Постановка задачи. Карьерный транспорт - это комплекс средств перемещения горной массы (породы и полезного ископаемого) от забоев к пунктам разгрузки. Он является связующим звеном в общем технологическом процессе и одним из наиболее трудоемких и дорогих. Расходы на транспортировку и связанные с ним вспомогательные работы составляют 45-50%, а в отдельных случаях 65-70% общих расходов на добычу полезного ископаемого.

Основное распространение на открытых разработках получили саморазгружающиеся вагоны. Они используются для перевозки вскрышных пород, так как необходимое частое перемещение пунктов разгрузки породы на отвалах затрудняет применение громоздких стационарных разгрузочных устройств.

Думпкары (вагоны-самосвалы) являются основным типом вагонов на открытых горных разработках. Распространение в карьерах они получили благодаря своей конструкции, которая позволяет наиболее быстро производить механизированную погрузку и разгрузку горной массы. Думпкары относятся к полувагонам с бортами высотой 900—1300 мм, имеют высокий

центр тяжести, что иногда приводит к опрокидыванию вагона в процессе выгрузки.

Состоят думпкары из тех же основных частей, что и вагоны других типов. Основное отличие конструкции определяется тем, что думпкары являются саморазгружающимися вагонами, с опрокидыванием кузова на сторону посредством специального разгрузочного механизма. Думпкары с пневматической разгрузкой [1] оборудуются воздушной магистралью, запасным резервуаром и опрокидными цилиндрами. Схема пневматической разгрузки позволяет производить поочередную разгрузку отдельных думпкаров, а также разгрузку всего состава одновременно, однако она приводит к значительному утяжелению тары и большому расходу воздуха, большим затратам энергии.

Таким образом, важной задачей является снижение расхода энергии и материальных затрат на выгрузку массовых сыпучих грузов в добывающей промышленности.

Анализ последних исследований и публикаций. Известен целый ряд работ [2, 3], посвященных анализу эффективности функционирования усовершенствованных вагонов-хопперов с односторонней саморазгрузкой как альтернативу металлоемким думпкаркам.

В работах рассматриваются следующие задачи [2, 3]:

1. Задача минимизации времени выгрузочных операций;
2. Задача обеспечения равных статических нагрузок от колесных пар вагона на рельсы;
3. Задача обеспечения устойчивости вагона в процессе погрузки-выгрузки;
4. Задача снижения энергетических затрат в процессе выгрузки вагона-хоппера, которая выполнена в рамках научного направления

кафедры: «Организация высокопроизводительного энергосберегающего комплекса транспортного обслуживания предприятий промышленной и городской инфраструктуры».

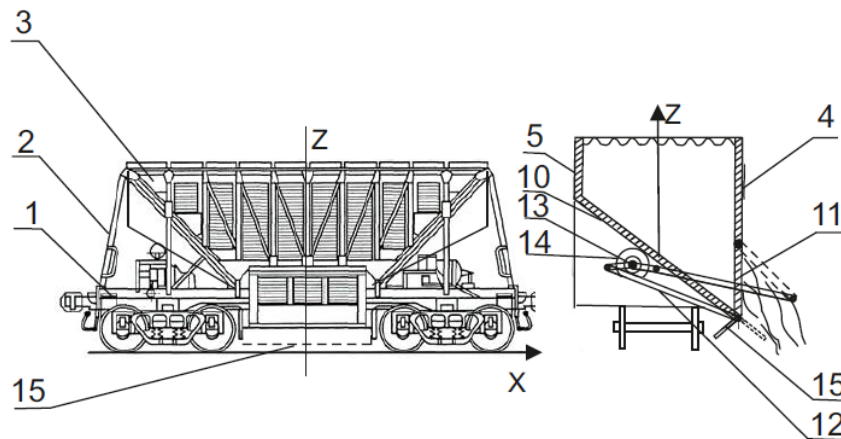
Цель. Цель работы состоит в оценке экономической эффективности использования вагонов-хопперов с односторонней саморазгрузкой с электрическим оборудованием для выгрузки.

Расчеты и материалы исследования. Как уже отмечалось [2], была предложена электрическая система открытия и фиксации крышки разгрузочного люка вагона-хоппера с

односторонней саморазгрузкой (рис.1). Проводятся также работы по созданию схемы дистанционного управления разгрузкой вагонов-хопперов из кабины машиниста, позволяющей сократить трудоемкость работ при разгрузке, а при необходимости также возможность одновременной разгрузки группы вагонов-хопперов. В вагоне-хоппере выполнены конструктивные изменения оборудования для разгрузки, использован электродвигатель с приводным механизмом и система рычагов, которые уменьшают затраты энергии и улучшают технические качества в процессе разгрузки вагона-хоппера.



а)



б)

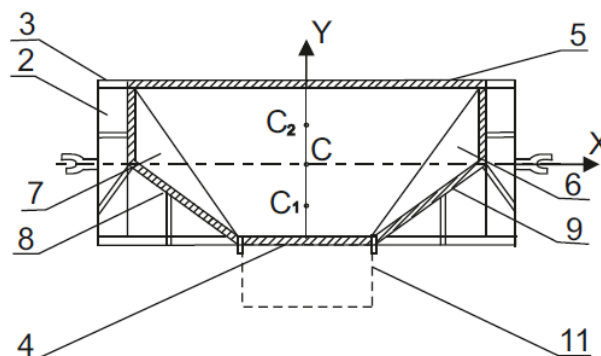


Рис.1. Вагон – хоппер с электрической системой выгрузки сыпучего груза:

а) общий вид вагона-хоппера с односторонней саморазгрузкой; б) вагон-хоппер с оборудованием для выгрузки груза. C_1 , C_2 – центры тяжести груза правой и левой частей кузова, C – центр тяжести порожнего кузова вагона.

Вагон-хоппер для перевозки сыпучих грузов содержит раму 1, каркас 2, цельнометаллический кузов 3, состоящий из двух боковых вертикальных стенок 4 и 5, торцевых стенок 6 и 7, переходных стенок 8 и 9, часть боковой стенки 5 преобразована в наклонный пол 10 кузова 3, верхняя часть сечения кузова 3 имеет в плане вид соединенных большими основаниями вдоль продольной оси прямоугольника и трапеции с боковыми переходными стенками 8, 9 и малым основанием на стороне разгрузочной боковой стенки 4. Оборудование для разгрузки состоит из наклоненного к низу разгрузочного люка с крышкой 11, прикрепленного в шарнирах к боковой стенке 4, системы рычагов 12, прикрепленных с одной стороны к крышке 11 разгрузочного люка, а с другой стороны - к приводному механизму 13 с электродвигателем 14, а также дополнительного борта 15, прикрепленного к низу боковой стенки 4 [4, 5, 6].

При подаче электрической энергии электродвигатель через приводной механизм приводит в действие систему рычагов, в результате чего происходит открытие и закрытие крышки люка в нескольких положениях. Электрический двигатель имеет специальную конструкцию, которая обеспечивает определенное количество оборотов, фиксированное и надежное расположение крышки разгрузочного люка в нужном положении при дозировании сыпучего груза. Благодаря дополнительному борту, который откидывается перед разгрузкой вагона-хоппера, сыпучий груз высыпается на значительное расстояние от железнодорожного пути. Штриховыми линиями отмечено положение крышки и дополнительного борта при саморазгрузке вагона-хоппера.

При неполном открытии разгрузочного люка в процессе движения вагона-хоппера со скоростью 2-5 км/ч происходит одностороннее дозирование сыпучего груза (например, формирование плоского породного отвала террасами).

Для сравнения целесообразности применения одной из двух конструкций и решения поставленной задачи, в качестве экономического критерия выберем *энергозатраты на выполнение разгрузки вагона - самосвала (думпкара) и вагона - хоппера*.

Сравнение энергозатрат базового варианта (вагона - самосвала) и модернизированного (вагона - хоппера) будем производить по одному из основных критериев - затратам дизельного топлива на разгрузку единицы подвижного состава.

Для расчета затрат дизельного топлива на разгрузку одного вагона базового и модернизированного вариантов рассмотрим работу и конструкцию вагона самосвала (думпкара) (рис. 2) и вагона-хоппера (рис. 3).

На рис. 2 представлена расчетная схема базового варианта.

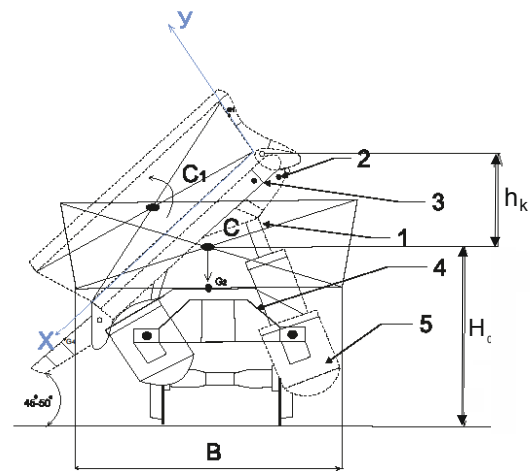


Рис. 2. Расчетная схема вагона-самосвала (думпкара):
 B – ширина кузова вагона-самосвала; H_0 – высота центра тяжести в транспортном положении; h_k – высота поднятия груза при опрокидывании думпкара.

При наклоне кузова в правую сторону кузов наклоняется относительно валика 4, положение оси которого по отношению к нижней раме остается неизменным. В результате этого положения рычагов 2 и 1 правого борта по отношению к нижней раме также не изменяется. Рычаги 2 и 1 левого борта отклоняются вместе с валиком 4 кронштейнами, расположенными на левой, которая поднимается, стороне кузова. Поскольку ролик 3 рычага 2 левого борта поднимается вместе с кронштейном борта, их взаиморасположение не изменяется и левый борт остается закрытым. В то же время кронштейн правого борта, вместе с правой стороной кузова, опускается по отношению к нижней раме. Кронштейн правого борта начинает скользить по ролику 3, борт отклоняется и постепенно становится в положение, предусмотренное для него при разгрузке. Думпкара с пневматической разгрузкой оборудован воздушной магистралью, запасным резервуаром и опрокидными цилиндрами 5.

Для расчета принимается грузоподъемность вагона думпкара $G_f = 60$ т, масса кузова $G_k = 15$ т. Центр тяжести кузова вагона с грузом в транспортном положении находится в геометрическом центре кузова и находится на расстоянии 0,55 м от пола кузова вагона. Центр тяжести кузова вагона при выгрузке определяется в зависимости от веса всех составных частей кузова вагона и веса груза. В процессе разгрузки

кузов изменяет угол наклона на $\alpha = 35^{\circ}-45^{\circ}$.

Высота поднятия груза $h_k = 1,02$ м.

Затраты дизельного топлива на разгрузку одного вагона - самосвала с грузом за один раз (не порционно) определим из условия энергетического баланса на привод компрессора для сжатия воздуха по уравнению:

$$q_{PB} = \frac{Q_1}{Q^*} = \frac{|A_{GK}|}{\eta * Q^*} = \frac{|-(G + G_r) * h_k|}{\eta * Q^*} = 0,713(\text{кз})$$

где Q_1 - потребность в энергии топлива, которое впрыскивается в цилиндры дизель-генератора, Дж;

Q^* - теплотворная способность топлива, Дж/кг;

A_{GK} - работа по поднятию груза на высоту h_k , Дж;

G – вес кузова вагона самосвала (15000 кг);
 G_r - вес груза загруженного в вагон (60000 кг),

η - коэффициент полезного действия установки для опрокидывания.

На рис. 3 представлена расчетная схема модернизированного варианта.

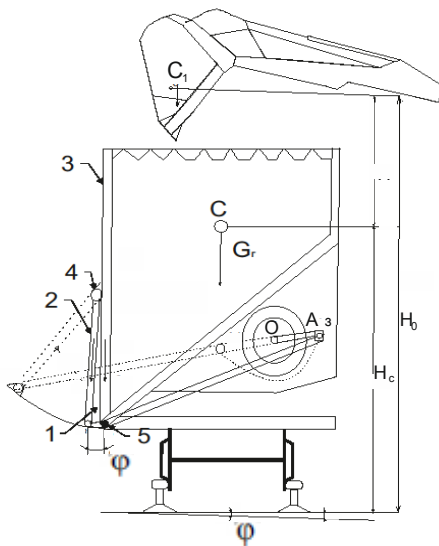


Рис. 3. Расчетная схема вагона - хоппера:
 1 – люк; 2 - крышка люка; 3 - боковая стенка; 4 - шарнир; 5 - механизм открытия крышки люка, C_1 - центр тяжести груза в ковше экскаватора, G_r – вес груза в кузове вагона, H_c – высота центра тяжести груза в кузове вагона, H_0 – высота центра тяжести груза в ковше экскаватора.

Вагон - хоппер оборудован наклонным полом, то есть при загрузке ковшовым экскаватором, экскаватор делает всю работу по подъему и опусканию груза. Груз при автоматическом открытии крышки люка под действием силы тяжести высыпается из вагона.

Электродвигатель, который установлен на вагоне, работает только в режиме дозирования и полного закрытия крышки люка, потому что груз сам давит на крышку, электродвигателю необходимо только отключить стопор, как груз сам начнет высыпаться.

На вагон-хоппер установлен электродвигатель мощностью 1кВт в час.

Угол, на который крышка люка не закрывается из-за возвышения наружного рельса над внутренним равен $\varphi = 2,9^{\circ}$.

Затраты дизельного топлива на привод электрогенератора устройства открытия и закрытия крышки люка на разгрузку одного вагона - хоппера за один раз составят:

$$q_{PB} = \frac{A_3 * q_1}{\eta_{мех} * \eta_{эл}} = 0,0828\text{кз}$$

где $\eta_{мех}$ - коэффициент полезного действия дизеля при работе электрогенератора на электрическом приводе мотора – компрессора;

$\eta_{эл}$ - коэффициент полезного действия электрической передачи и мотора привода компрессора;

q_1 - расходы дизельного топлива на выполнение работы по преодолению веса крышки в 1 кг, кг/Дж;

A_3 - работа на закрывание крышки люка вагона-хоппера электродвигателем определяется с учетом веса крышки и требуемого усилия, Дж.

Полученные расчетные данные по двум вариантам, позволили произвести сравнительный анализ затрат топлива на разгрузку одного и группы вагонов. Результаты показаны на рис.4, где видны экономические преимущества модернизированного варианта вагона-хоппера.

Выводы.

1. В работе выполнено исследование модернизированных вагонов-хопперов с электрическим оборудованием для разгрузки. Выполнены экономические расчеты и выполнена оценка эффективности использования модернизированных вагонов-хопперов с односторонней саморазгрузкой.

2. Полученные расчетные данные по двум вариантам позволили показать экономические преимущества модернизированного варианта вагона-хоппера с разгрузкой без большого количества сжатого воздуха.

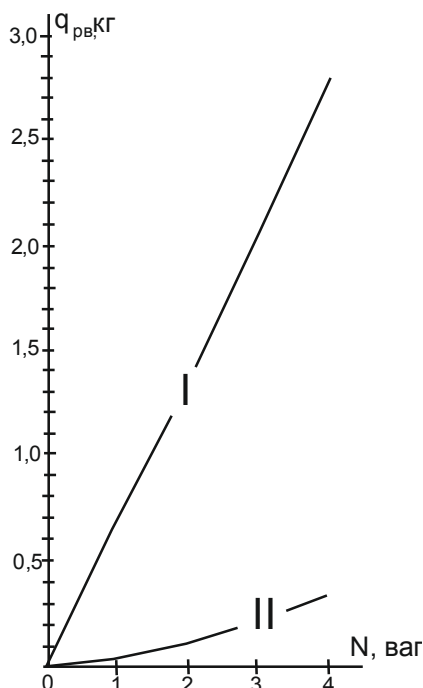


Рис.4 Затраты топлива на разгрузку вагонов, кг
I - вагонами - самосвалами (думпкерами);
II - вагонами-хопперами.

Литература

1) Парунакян В.Э., Ясюченя В.В., 1960.: Опыт эксплуатации моторизованных думпкар на Коркинском угольном карьере.// Изв. вузов. Горный журнал. – № 11. – С. 157–162.

2) Губачева Л.О., Андреев О.О., Леонова С.О., 2012.: Вагон-хоппер с односторонней саморазгрузкой. Вестник ВНУ им. В. Даля. Научный журнал №4(175),с.69-74.

3) Larisa Gubacheva, Alexander Andreev, Svetlana Leonova.: The use of upgraded hopper cars in the mining industry. TEKA Commission of Motorization and energetics in Agriculture. Vol.12, № 4, pp.71-75.

4) Положительное решение по заявке на выдачу патента U201303557 от 26.06.13 «Вагон-хоппер для перевозки сыпучих грузов», Губачева Л.А., Андреев А.А., Леонова С.А., Кутняхов С.В.

5) Положительное решение по заявке на выдачу патента U201303556 от 20.06.13 «Вагон-хоппер», Губачева Л.А., Андреев А.А., Леонова С.А., Мокроусов С.Д., Щербаков В.П.

6) Патент Украины на полезную модель №75199 от 26.11.12, Бюл. №22 «Вагон-хоппер для перевозки сыпучих грузов» Губачева Л.А., Андреев А.А., Леонова С.А.

References

1. Parunakjan V.Je., Jasyuchenja V.V., 1960.: Опыт эксплуатации моторизованных думпкар на Коркинском угольном карьере.// Изв. вузов. Горный журнал. – № 11. – С. 157–162.

2. Gubacheva L.O., Andreev O.O., Leonova S.O., 2012.: Vagon-hopper s odnostoronnej samorazgruzkoj. Vestnik VNU im. V. Dalja. Nauchnyj zhurnal №4(175),s.69-74.

3. Larisa Gubacheva, Alexander Andreev, Svetlana Leonova.: The use of upgraded hopper cars in the mining

industry. TEKA Commission of Motorization and energetics in Agriculture. Vol.12, № 4, pp.71-75.

4. Polozhitel'noe reshenie po zajavke na vydachu patenta U201303557 ot 26.06.13 «Vagon-hopper dlja perevozki sypushih gruzov», Gubacheva L.A., Andreev A.A., Leonova S.A., Kutnjahov S.V.

5. Polozhitel'noe reshenie po zajavke na vydachu patenta U201303556 ot 20.06.13 «Vagon-hopper», Gubacheva L.A., Andreev A.A., Leonova S.A., Mokrousov S.D., Shherbakov V.P.

6. Patent Ukrainy na poleznuju model' №75199 ot 26.11.12, Bjul. №22 «Vagon-hopper dlja perevozki sypushih gruzov» Gubacheva L.A., Andreev A.A., Leonova S.A.

Губачева Л.О., Леонова С.О. Оцінка економічної ефективності використання модернізованих вагонів-хоперів з електричним устаткуванням для саморозвантаження.

Представлено результати дослідження сучасних модернізованих вагонів-хоперів у видобувній промисловості. Розглянуто задачу зменшення витрат енергії і матеріальних витрат на розвантаження масових сыпучих вантажів. Показано економічну ефективність використання вагонів-хоперів з електричним устаткуванням для розвантаження у порівнянні з вагонами-самоскидами (думпкерами).

Ключові слова: вагон-хопер, вагон-самоскид, обладнання для розвантаження, тяговий розрахунок, економічна ефективність.

Gubacheva L.O., Leonova S.A. Evaluation of economic efficiency of use of modernized hopper cars with electrical equipment for self-discharge

The results of the study of modernized hopper cars in the mining industry are presented. The problem of reducing the consumption of energy and material costs for unloading the mass bulk cargo is investigated. The economic efficiency of use of the hopper cars with electrical equipment for unloading is shown in the comparison with car-trucks (dump cars).

Keywords: hopper car, the car-truck, unloading equipment, traction calculation, economic efficiency.

Голубенко А.Л. - д.т.н., професор, ректор ВНУ ім. В. Даля.

Губачева Л.А. – д.т.н., професор, зав. кафедрой компьютерных технологий на промышленном и городском транспорте, ВНУ им. В. Даля, г. Луганськ, Украина, e-mail: gubacheva_snu@bk.ru

Леонова С.А. – аспирант, ст. преп. кафедры компьютерных технологий на промышленном и городском транспорте, ВНУ им. В. Даля, г. Луганськ, Украина, e-mail: Svetlana.8709@mail.ru

Мокроусов С.Д. - генеральный директор, (ПрАТ «НВЦ «ТРАНСМАШ», Луганськ).

УДК 656.1(1-21)

СИТИЛОГИСТИКА МУНИЦИПАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА**Губенко В.К., Лямзин А.А., Хара М.В.****CITY LOGISTICS MUNICIPAL ELECTRIC TRANSPORT****Gubenko V.K., Lyamzin A.A., Khara M.V.**

Дана характеристика эксплуатационной деятельности транспорта в ситилогистической среде. Определены подходы, позволяющие решить проблему перегрузки транспортных коммуникаций в ситилогистической среде. Предложен механизм оценки возможностей электротранспорта как развивающейся системы в условиях ситилогистической среды.

Ключевые слова: ситилогистическая среда, возможности электротранспортной системы, модель развития.

Постановка проблемы. Наблюдается резкое возрастание количества транспортных средств в ситилогистической среде. Состояние ситилогистической среды (СЛС) (рис.1) определено высокой загруженностью транспортных городских коммуникаций, низкой экологической безопасностью грузовых и пассажирских транспортных потоков, а также уровнем взаимодействия транспортных компаний различных форм собственности с поддержкой их деятельности информационными системами, адаптированными к ритму жизни муниципальных образований.



Рис. 1. Транспортная напряженность ситилогистической среды

В этих условиях ограниченные пропускные способности городских транспортных

коммуникаций вызывают периодические транспортные проблемы.

В связи с ростом загруженности городской транспортной сети возникает острая необходимость в решении проблемы снижения этого фактора. Известен ряд подходов к решению этой проблемы. Один из них состоит в модернизации транспортной инфраструктуры города. Однако реализация этого подхода требует значительного финансового обеспечения, что не всегда возможно для экономики города. Другой подход заключается в интенсификации процесса использования электротранспорта, являющегося составной частью муниципальной транспортной системы. Перспективность данного подхода подтверждает существование мощных государственных программ в мире и в некоторых городах Украины «Электротранспорт 2012 – 20..». **Анализ последних исследований и публикаций.** Известен целый ряд работ, посвященных анализу эффективности функционирования транспортных систем [1].

В большинстве работ в качестве критериев эффективности используются, как правило, экономические и временные критерии (рис.2). Так, в [2] рассматриваются три типа оптимизационных задач с экономическими и временными целевыми функциями:

1. Задача минимизации общих экономических издержек, которые зависят от уровня технической оснащенности дорог.
2. Задача минимизации времени поездок при фиксированной величине капитальных вложений.
3. Задача минимизации капитальных вложений в транспортную сеть при заданном времени поездки.

Аналогичные задачи рассматривались также в других работах, однако при этом математические модели оптимизации разрабатывались в предположении о том, что в транспортной сети перемещаются потоки только автомобильного транспорта.



Рис. 2. Показатели, характеризующие качество эксплуатационной деятельности муниципальных электротранспортных систем

Мы рассматриваем процесс эксплуатации в ситилогистической среде *электрического (троллейбусы и трамваи) и автомобильного транспорта.*

Цель. Цель работы состоит в оценке концепции возможностей муниципального электротранспорта относительно автотранспорта в ситилогистической среде.

Результат исследований. В Западной Европе, Америке и Японии транспортная система трамвайного и троллейбусного парка сформирована с использованием новых конструктивных решений в подвижном составе, например, изменение дизайна салонов. Такой инновационный подход обеспечил пассажирам электротранспорта повышенный комфорт и позволил ему составить конкуренцию в этой области автомобильному транспорту.

Следует отметить: электротранспорт во многих городах мира, помимо функции обслуживания городских пассажиропотоков, обслуживает грузопотоки в крупных муниципальных центрах. Примером могут служить грузовые трамваи *CarGoTram* в г. Дрездене (Германия), обслуживающие «стеклянную» мануфактуру города.

В этом смысле привлекательность электротранспорта в Украине уступает «автомобилизации» грузовых и пассажиропотоков, снижающих безопасность и

экологичность системы «транспорт–человек–среда».

Муниципальный электротранспорт ныне функционирует в 54 городах Украины и обеспечивает около 60 % внутренних городских пассажирских перевозок. Вместе с тем более 80 % парка трамвайных вагонов и троллейбусов исчерпали нормативный срок эксплуатации (16 лет для трамваев и 10 лет для троллейбусов) и подлежат списанию. На сегодняшний день большую часть рабочего парка электротранспорта составляют устаревшие модели (табл.1.) [6].

Таблица 1
Модели горэлектротранспорта в некоторых крупных городах Украины

Наименование города	Модель	
	трамвай	троллейбус
Донецк	Т3, Т6Б5 (Татра-Юг), К1	ЗИУ-9, ЗИУ-10, ЮМЗ Т-1, ЮМЗ Т-2, ЛАЗ-52522
Мариуполь	КТМ-5, КТМ-8, К1	Шкода 9Тр, Шкода 14 Тр, ЗИУ-9, ЗИУ-10, ЮМЗ Т-1, ЮМЗ Т-2
Харьков	Т3, Т6Б5, КТМ-19	ЗИУ-9, ЗИУ-10, ДАК 217Е, Rocar, ЮМЗ Т-1

Рассмотрим состояние электротранспорта в таких городах, как г. Харьков и г. Мариуполь.

В г. Харькове с численностью населения (на 1 мая 2012 год) 1 млн 437 тысяч 200 человек, с

1999 – 2010 гг. наблюдалось сокращение трамвайной сети на 5 км.

Для города Мариуполя изношенность электроподвижного состава является той проблемой, которая сдерживает развитие электротранспорта в ситилогистической среде. Так, например: в настоящее время маршруты ситилогистических районов обслуживаются 94 вагонами типа (ежедневно на линии города выходят около 60):

КТМ-5М3 (83 вагона в рабочем состоянии) с 1975 года;

КТМ-8 (4 вагона из 5) с 1994 года;

К-1 (7 вагонов) с 2006 года;

ЛМ-2008 (2 вагона) с 2012 года.

Расширяет возможности эксплуатационной деятельности электротранспорта введение новых логистических цепей взамен автомобильных. Например, в г. Мариуполе вводится троллейбусный маршрут, проходящий через жилые районы к расположенным на окраине муниципального образования «Сити-центру» и оптовому центру реализации сельскохозяйственной продукции «Азовский».

Учитывая, что электротранспортная система в ситилогистической среде после продолжительной стагнации может считаться как развивающаяся, предлагаем для оценки ее «возможностей» использовать модель развития ситилогистического электротранспорта [7].

Ситилогистический электротранспорт $\{CL_s\}$ включает: подсистему метрополитен $\{M\}$ с ее объектами и функциями; подсистему объектов троллейбусного транспорта $\{T\}$; подсистему трамвайного хозяйства $\{Tr\}$; подсистему электромобильного транспорта $\{Эм\}$ получившую в последнее время развитие как экологически чистый транспорт. В общем виде ситилогистическая система электротранспорта приведена на рис. 3.

Модели развития позволяют определить будущее распределение поездок между различными парами выделенных в ситилогистической среде зон на основе исходных данных о количестве выездов и въездов для отдельных зон и количестве поездок между различными парами зон. Прогнозируемые значения выходных переменных получаются из известных (на момент составления прогноза) значений с помощью коэффициента развития, который представляет собой оценку ожидаемых изменений в плотности населения и в степени использования территорий рассматриваемых зон. На основе модели развития предложено несколько методов анализа городского электротранспорта, среди них – методы постоянного коэффициента развития, среднего коэффициента развития, здравого смысла и так называемый «детройтский метод». Однако наиболее тщательно

разработанным и поэтому широко распространенным является метод Фратера.

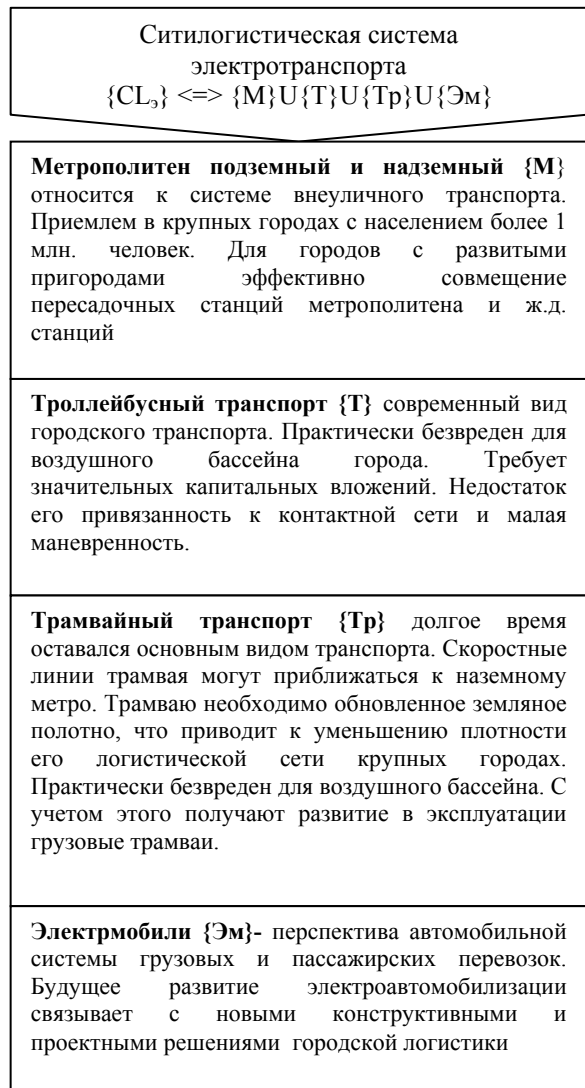


Рис. 3. Структура ситилогистического электротранспорта

Основное предположение, используемое в методе Фратера, состоит в том, что количество поездок из i -той зоны СЛС в j -ю для некоторого будущего момента времени пропорционально исходному числу всех выездов из i -той зоны СЛС, умноженному на коэффициент развития j -той зоны СЛС.

Общее соотношение, используемое в методе Фратера, имеет следующий вид:

$$T_{ij(i)} = \frac{t_{ij} F_i F_j \sum_x t_{ix}}{\left(\sum_x t_{ix} F_x \right)} \quad (1)$$

где $T_{ij(i)}$ - прогнозируемое количество поездок между i -той и j -той зонами СЛС, обуславливаемое развитием i -той зоны;

$T_{ij(j)}$ - прогнозируемое количество поездок между i -той и j -той зонами, обуславливаемое развитием j -той зоны (величину $T_{ij(j)}$ можно получить из формулы для $T_{ij(i)}$, если в правой

части этой формулы индексы i и j поменяют местами);

t_{ij} - исходное число всех поездок между i -той и j -той зонами СЛС;

F_x - коэффициент развития для зоны с номером x , где x принимает множество значений, соответствующих всем рассматриваемым зонам СЛС.

Если через T_{ij} обозначить прогнозируемое количество всех поездок между i -той и j -той зонами СЛС, то имеем:

$$T_{ij} = \frac{T_{ij(i)} + T_{ij(j)}}{2}. \quad (2)$$

Поскольку величины, определяемые из двух приведенных выше соотношений, как правило, не удовлетворяют условию:

$$\sum_j T_{ij} = F_i \sum_j t_{ij}, \quad (3)$$

то для его выполнения необходимо использовать метод приближений. Модель основана на предположении о том, что число людей, выезжающих из некоторой зоны СЛС, прямо пропорционально числу «возможностей», имеющихся на маршруте, и обратно пропорционально числу «реализованных возможностей». В качестве упомянутых «возможностей» можно рассматривать, например, для города Мариуполя торговые центры – новый оптовый центр реализации сельхозпродукции «Азовский», «Сити-центр» (для людей, выезжающих за покупками).

Модель конфликтующих возможностей математически может быть представлена с помощью выражения:

$$T_{ij} = O_i \left[e^{-LD} - e^{-L(D+D_j)} \right], \quad (4)$$

где T_{ij} - количество поездок из i -той зоны СЛС в j -тую;

O_i - общее количество поездок, начинающихся в i -той зоне СЛС;

D - количество имеющихся (или отсутствующих) целей на маршрутах, ведущих в j -тую зону СЛС;

D_j - количество поездок, заканчивающихся в j -той зоне СЛС;

L - некоторая оценка вероятности того, что в случайно выбранном пункте назначения может быть достигнута цель отдельной поездки (L представляет собой величину, которую необходимо определить на основе исходных данных; она характеризует степень убывания величины T_{ij} с увеличением числа целей и длины маршрута);

e - основание натурального логарифма.

Выводы. Предложен механизм оценки возможностей электротранспорта как развивающейся системы в условиях ситилогистической среды. Применение механизма позволит определить целесообразность и виды возможных административных решений в области развития муниципального электротранспорта.

Литература

1. Авен О.И., Ловецкий С.Е. Моисеенко Г.Е. Оптимизация транспортных потоков. М., Наука, 1985.
2. Рекомендации по разработке системы управления качеством продукции (услуг) на уровне предприятий городского электрического транспорта <http://www.gost-snip-rd.rf/Data1/47/47929/index.htm>.
3. Электротранспорт Украины [/http://www.ukrelectro.h11.ru/ukr_get_model.html](http://www.ukrelectro.h11.ru/ukr_get_model.html)
4. Красс М.С., Чупрынов Б.П. Основы математики и ее приложения в экономическом анализе: Учебник. 3-е изд., исп. М.: Дело, 2007. 688 с.

References

1. Aven OI, Lovetskiy SE, GE Moysenko Optimization of traffic flows. Oxford: Pergamon Press, 1985.
2. Recommendations for the development of the system of quality control (services) at the enterprise level of urban electric transport; [electronic resource]. – Mode of access: URL: www.gost-snip-rd.rf/Data1/47/47929/index.htm.
3. Elektrotransport Ukraine; [electronic resource]. – Mode of access: URL: www.ukrelectro.h11.ru/ukr_get_model.html
4. Krass M.S, Chupryna B.P Fundamentals of mathematics and its applications in economic analysis: Tutorial. 3rd ed., App. M: Business, 2007. 688.

Губенко В.К., Лямзин А.А., Хара М.В. Сітілогістика муніципального електротранспорту

Дана характеристика експлуатаційної діяльності транспорту в ситілогістичному середовищі. Визначено підходи, що дозволяють вирішити проблему перевантаження транспортних комунікацій у ситілогістичному середовищі. Запропоновано механізм оцінки можливостей електротранспорту як системи, що розвивається в умовах ситілогістичного середовища.

Ключові слова: ситілогістичне середовище, «можливості» електротранспортної системи, модель розвитку.

Gubenko V.K., Lyamzin A.A., Khara M.V. City logistics municipal electric transport

The characteristics of the operational activities of transport in sitilogistics environment. Approaches allowing to solve the problem of traffic congestion in communication sitilogistics environment. We propose a mechanism for assessing "opportunities" Electric as an evolving system in sitilogistics environment.

Keywords: sitilogistics environment "opportunities" electric transport system, development model.

Губенко В.К. – д.т.н., профессор кафедры «Технологии международных перевозок и логистика», ГВУЗ «ПГТУ», г. Мариуполь, Украина, e-mail: vkubenko435@gmail.com

Лямзин А.А. – к.т.н., доцент кафедры «Технологии международных перевозок и логистика», ГВУЗ «ПГТУ», г. Мариуполь, Украина, e-mail: alyamzin@yandex.ua

Хара М.В. – к.т.н., доцент кафедры «Промышленный транспорт», ГВУЗ «ПГТУ», г. Мариуполь, Украина, e-mail: marina-khara@yandex.ru

Рецензент: Парунаканя В.Э., д.т.н., проф.

Стаття подана 12.07.2013

УДК 622.625.6

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗВИЛИСТОГО ДВИЖЕНИЯ ТЕЛЕЖЕК ПОДВЕСНОЙ МОНОРЕЛЬСОВОЙ ДОРОГИ

Гутаревич В.О.

RESEARCH OF NOSING MOTION OF SUSPENDED MONORAIL CARRIAGE

Gutarevych V.

Рассмотрено извилистое движение ходовой тележки шахтной подвесной монорельсовой дороги. Установлено, что во время ее движения возникают силы инерции, вызывающие боковое раскачивание подвижного состава и вынуждающие к ограничению скорости движения. Получено решение дифференциального уравнения извилистого движения тележки по подвесному монорельсу.

Ключевые слова: монорельс, тележка, колесо, перемещение, неровности, инерция, колебания.

Постановка проблемы. Во время движения шахтной подвесной монорельсовой дороги по прямолинейным участкам монорельса ходовые тележки описывают сложную волнообразную траекторию. Наряду с прямолинейным движением вдоль монорельса они смещаются поперек продольной оси и поворачиваются вокруг вертикальной. При этом возникают силы инерции и моменты сил инерции, вызывающие боковое раскачивание подвижного состава монорельсовой дороги, что приводит к необходимости ограничивать скорость движения.

– **Анализ последних исследований и публикаций.** В работе [1] приведены результаты научных исследований по комплексной модернизации ходовых частей грузовых вагонов. Исследования [2-4] посвящены линейным и нелинейным колебаниям подвижного состава. Современное состояние и перспективы развития ходовых частей грузового подвижного состава рассмотрены в работе [5]. Настоящая статья является продолжением указанных исследований.

Цель работы заключается в установлении взаимосвязи между параметрами подвесного монорельсового пути и ходовой тележки во время ее извилистого движения.

Результаты исследований. Рассмотрим тележку (рис.1), имеющую одинаковые ходовые колеса. При этом гироскопические явления, проявляющиеся на скоростях движения более 10 м/с, не учитываем. Исключим также влияние

жесткости тележки и монорельса на процесс движения. Следует отметить, что в линейных системах [6-8], описывающих движение тележки, дифференциальные уравнения поступательного движения не зависят от уравнений, описывающих влияние, поэтому продольное движение возможно не учитывать. При этом уравнения для извилистого движения являются дифференциальными уравнениями с постоянными коэффициентами, равными нулю, во время движения тележки по прямолинейному монорельсу. Общее решение соответствующих однородных уравнений описывает колебательное движение тележки, а частное решение определяет ее основное движение.

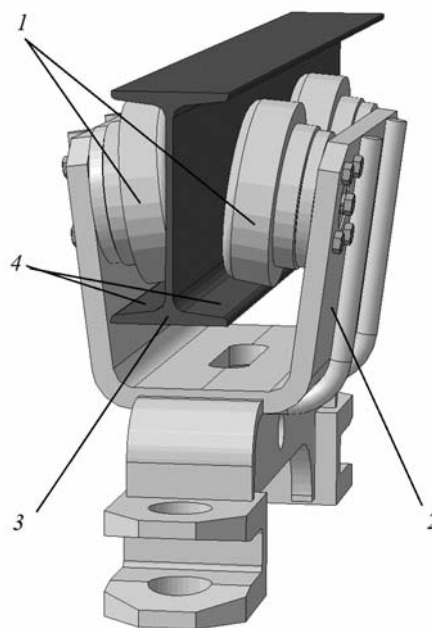


Рис. 1. Общий вид расположения тележки на монорельсе:
1 – колесная пара; 2 – корпус тележки; 3 – монорельс;
4 – направляющие поверхности для качения колесной пары

Для двухосной тележки (см. рис.1) характерно 14 степеней свободы, 7 из которых определяют поступательное перемещение, а оставшиеся – боковые перемещения обеих колесных пар и тележки. Для экипажа, имеющего кузов и две двухосные тележки, характерны 34 степени свободы, где 17 координат определяют боковые перемещения колесных пар, тележек и кузова, углы их виляния, а также бокового раскачивания тележек и кузова.

Рассмотрим сначала движение одиночной колесной пары, катящейся по монорельсу (рис. 2). При этом она имеет четыре степени свободы. Две из четырех координат определяют поступательное перемещение, а две другие – боковое перемещение и виляние.

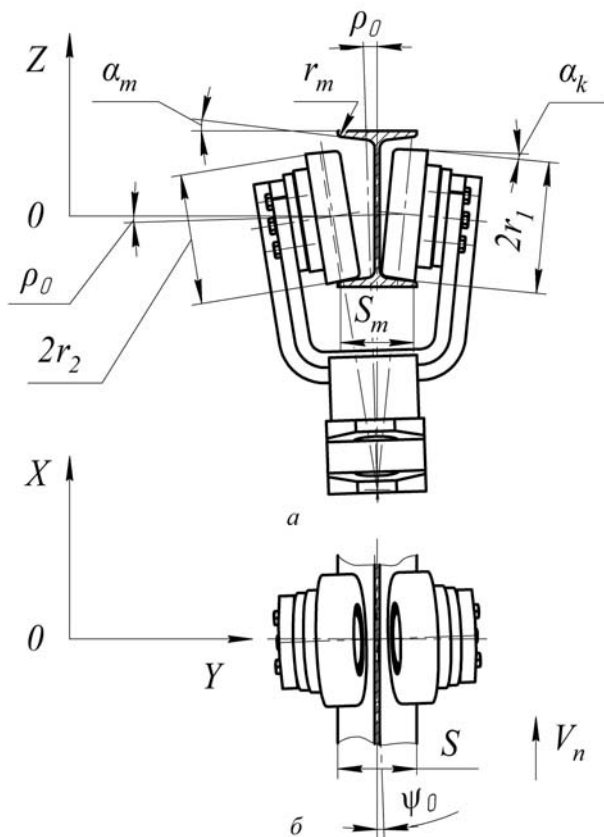


Рис.2. Схема качения колесной пары по монорельсу:
а – в плоскости ZOY; б – в плоскости XOY

Колесная пара тележек подвижного состава шахтных подвесных монорельсовых дорог имеет разрезную ось. Во время ее движения по прямолинейному монорельсу без проскальзывания оба колеса вращаются с одинаковой угловой скоростью ω_0 . В случае неравенства радиусов качения по направляющим полкам монорельса левого и правого колес линейные скорости будут отличаться. На основании этого ось колесной пары в горизонтальной плоскости будет перемещаться поступательно со скоростью V_n , поворачиваясь

вокруг вертикальной оси на угол ψ_0 . Найдем взаимосвязь между этими параметрами с использованием [9].

При этом

$$d\psi_0 = \frac{r_1 - r_2}{s_m} \omega_0 dx, \quad (1)$$

где r_1, r_2 – радиусы качения правого и левого колес, соответственно;

s_m – расстояние между окружностями качения с радиусами r_1, r_2 , которое для ходовых тележек, имеющих ширину колес, выступающих за нижнюю полку монорельса и компенсирующих игру колесной колеи (см.рис. 2), равно:

$$s_m = s - 2r_m (1 - \sin(\alpha_m + \alpha_k));$$

s – ширина нижней полки монорельса;

r_m – радиус сопряжения образующих поверхностей качения и боковых граней нижней полки монорельса;

α_m – угол наклона образующих поверхностей качения монорельса относительно горизонтальной плоскости;

α_k – угол наклона образующих поверхностей качения ходовых колес относительно их оси вращения.

Если ходовые колеса устанавливаются относительно монорельса без компенсации игры колесной колеи, что на практике встречается довольно редко, то параметр s_m определяется конструкцией тележки. Это объясняется стремлением обеспечить постоянное удельное давление ходовых колес на поверхности качения монорельса при боковом смещении тележки относительно его нижних полок.

В общем случае средний радиус качения колес определяется как

$$r_c = \frac{1}{2}(r_1 + r_2).$$

Если обозначить $\Delta r = r_1 - r_2$, то выражение (1) будет:

$$\frac{d\psi_0}{dx} = \frac{\Delta r}{s_m r_c} = \frac{1}{R_0}, \quad (2)$$

где R_0 – радиус кривизны траектории перемещения центра колесной пары.

Поскольку при проектировании колесной пары и тележки угол ψ_0 допускается небольшой, то можно считать, что

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{1}{R_0}.$$

Отсюда

$$\frac{d^2y}{dx^2} + \frac{\Delta r}{s_m r_c} = 0. \quad (3)$$

Для ходовых конических колес, имеющих ось вращения под углом α_m , расположенную в вертикальной плоскости, можно считать $\Delta r = 2\alpha_0 y$, где

$$\alpha_0 = \frac{\sin \alpha_k}{\cos(\alpha_m + \alpha_k)}.$$

Тогда имеем:

$$\frac{d^2y}{dx^2} + \frac{2\alpha_0 y}{s_m r_c} = 0. \quad (4)$$

Выражение (4) представляет собой линейное однородное уравнение с постоянными коэффициентами. Решение этого уравнения имеет вид:

$$y = A \sin \omega_v x + B \cos \omega_v x, \quad (5)$$

где

$$\omega_v = \sqrt{\frac{2\alpha_0}{s_m r_c}}.$$

Учитывая начальные условия, когда при $x=0$, $y = y_0$ и $\frac{dy}{dz} = 0$, найдем траекторию движения колесной пары по прямолинейному монорельсу:

$$y = y_0 \cos \omega_v x, \quad (6)$$

где y_0 – наибольшее отклонение центра колесной пары от продольной оси монорельса.

Отсюда видно, что траектория движения описывается синусоидальной функцией с длиной волны

$$\lambda_0 = 2\pi / \omega_v.$$

Тогда:

$$\lambda_0 = 2\pi \sqrt{\frac{s_m r_c}{2\alpha_0}}. \quad (7)$$

Как указывалось выше, во время извилистого движения колесной пары по монорельсу возникают силы инерции. При этом их поперечная составляющая равна центробежной силе:

$$H_c = \frac{m_k V_n^2}{R_o} = \frac{2m_k V_n^2}{s_m r_c} \alpha_0 y, \quad (8)$$

где m_k – масса колесной пары.

Следует отметить, что приведенные зависимости (4), (6) и (7) получены для монорельса и колесной пары без отклонений от идеальной формы. Однако на практике часто встречаются различные отклонения геометрических параметров,

которые дополнительно влияют на характер движения. Если продольная ось монорельсового пути на прямолинейных участках имеет отклонения в горизонтальной плоскости δ_y , то уравнение (4) принимает вид:

$$\frac{d^2y}{dx^2} + \frac{2\alpha_0 y}{s_m r_c} = \frac{2\alpha_0 \delta_y}{s_m r_c}. \quad (9)$$

Решение уравнения (9) зависит от собственных колебаний, возникающих во время движения по прямолинейному монорельсу без отклонений от идеальной формы, и вынужденных колебаний, обусловленных действием возмущений в виде отклонений в горизонтальной плоскости. Если отклонения δ_y представить как синусоидальную кривую, то имеем:

$$\frac{d^2y}{dx^2} + \frac{2\alpha_0 y}{s_m r_c} = \frac{2\alpha_0 A_\delta \sin \omega_\delta t}{s_m r_c}, \quad (10)$$

где A_δ – амплитуда неровности монорельса;

ω_δ – частота возмущения.

Отсюда следует, что при определенных соотношениях длины волны извилистого движения колесной пары и длины волны неровности монорельса могут появляться резонансные явления, которые будут сопровождаться резким увеличением амплитуд и снижением плавности хода.

Для тележки, которая имеет две колесные пары, расположенные симметрично относительно середины рамы на расстоянии b_m , длина волны извилистого движения будет:

$$\lambda_{0t} = \lambda_0 \sqrt{1 + \frac{4b_m^2}{s_m^2 \alpha_0}}. \quad (11)$$

Из выражения (11) видно, что повышение b_m приводит к увеличению длины волны извилистого движения тележки по монорельсу, а повышение s_m и α_0 – ее снижению.

При движении колесной пары по круговой кривой монорельса с радиусом R_y на небольшой протяженности пути, то δ_y можно представить как квадратную параболу:

$$\delta_y = \frac{x^2}{2R_y}. \quad (12)$$

Подставив выражение (12) в уравнение (9), получим:

$$\frac{d^2y}{dx^2} + \frac{2\alpha_0 y}{s_m r_c} = \frac{\alpha_0 x^2}{s_m r_c R_y}. \quad (13)$$

Решение этого уравнения имеет вид:

$$y = A \sin \omega_v x + B \cos \omega_v x + \frac{x^2}{2R_y} - \frac{s_m r_c}{2R_y \alpha_0}. \quad (14)$$

Отсюда видно, что движение колесной пары по закруглению происходит с синусоидальными отклонениями. Такое движение приводит к появлению сил инерции в горизонтальной плоскости. Кроме того, в месте контакта колесной пары с монорельсом возникают силы трения и проскальзывание колес относительно поверхностей их качения.

Выводы. Полученные зависимости, устанавливающие взаимосвязь между параметрами монорельса и ходовой тележкой во время ее извилистого движения, будут использоваться для обоснованного выбора параметров монорельсовых дорог. В дальнейшем планируется провести теоретические исследования боковых колебаний подвижного состава монорельсовой дороги, обусловленных извилистым движением ходовых тележек и действием возмущений от неровностей пути.

Л и т е р а т у р а

1. Ушкалов В.Ф. Комплексная модернизация ходовых частей грузовых вагонов / В.Ф. Ушкалов, Т.Ф. Мокрый, И.Ю. Мальшева, И.А. Машенко, С.С. Пасичник // Вагонный парк. № 2. 2007. – С.18 - 22.
2. Popp K. Ground Vehicle Dynamics / K. Popp K. W.Schiehlen. –Berlin: Springer, 2010. – 350 p
3. Мельничук В.А. Анализ автоколебаний ходовых частей вагона с помощью видео / В.А. Мельничук, О.М. Савчук, Н.А. Гричаный, И.Ю. Хоменко // Вагонный парк, №9, 2010. – С.10-12.
4. Бороненко Ю.П. Инновации в тележках грузовых вагонов: реальность и перспективы / Ю.П. Бороненко, Е.А. Рудакова, А.М. Орлова // Наука и транспорт, 2009. – С.14-17.
5. Цыган Б.Г. Современное состояние и перспективы развития ходовых частей грузового подвижного состава / Б.Г. Цыган, С.Д. Мокроусов // Вісник СНУ ім. В.Даля, №12(166) ч.1. 2011. – С.267-274.
6. Математическое моделирование колебаний рельсовых транспортных средств / В.Ф. Ушкалов, Л.М. Резников, В.С. Иккол и др.; ред. В.Ф. Ушкалов. –К.: Наук.думка, 1989. – 240с.
7. Шахтарь П.С. Рудничные локомотивы / П.С. Шахтарь. – М.: Недра, 1982. – 296 с.
8. Schiehlen W.O.: *Dynamics of high-speed vehicles* / W.O. Schiehlen Wien. –New York: International Centre for Mechanical Sciences Springer-Verlag, 1982. – 399 p.
9. Вершинский С.В. Динамика вагона / С.В. Вершинский, В.Н. Данилов, В.Д. Хусидов; ред. С.В. Вершинский. – М.: Транспорт, 1991. – 360 с.

R e f e r e n c e s

14. Ushkalov V.F. Kompleksnaja modernizacija hodovyh chastej gruzovyh vagonov / V.F. Ushkalov, T.F.

Mok-rij, I.Ju. Malysheva, I.A. Mashhenko, S.S. Pasichnik // Vagonnyj park. № 2. 2007. – P. 18 - 22.

15. Popp K. Ground Vehicle Dynamics / K. Popp K. W.Schiehlen. –Berlin: Springer, 2010. – 350 p.

16. Mel'nichuk V.A. Analiz avtokolebanij hodovyh chastej vagona s pomoshh'ju video / V.A. Mel'nichuk, O.M. Savchuk, N.A. Grichanyj, I.Ju. Homenko // Vagonnyj park, №9, 2010. – P.10-12.

17. Boronenko Ju.P. Innovacii v telezhkah gruzovyh vagonov: real'nost' i perspektivy / Ju.P. Boronenko, E.A. Rudakova, A.M. Orlova // Nauka i transport, 2009. – P.14-17.

18. Cygan B.G. Sovremennoe sostojanie i perspektivy razvitiya hodovyh chastej gruzovogo podvizhnogo sostava / B.G. Cygan, S.D. Mokrousov // Visnik SNU im. V.Dalja, №12(166) ch.1. 2011. – P.267-274.

19. Matematicheskoe modelirovanie kolebanij rel'sovyh transportnyh sredstv / V.F. Ushkalov, L.M. Reznikov, V.S. Ikkol i dr.; red. V.F. Ushkalov. –K.: Nauk.dumka, 1989. – 240 p.

20. Shahtar P.S. Rudnichnye lokomotivy / P.S. Shahtar'. – М.: Nedra, 1982. – 296 p.

21. Schiehlen W.O.: *Dynamics of high-speed vehicles* / W.O.Schiehlen Wien. –New York: International Centre for Mechanical Sciences Springer-Verlag, 1982. – 399 p.

22. Vershinskij S.V. Dinamika vagona / S.V. Vershinskij, V.N. Danilov, V.D. Husidov; red. S.V. Vershinskij. – М.: Транспорт, 1991. – 360 p.

Гутаревич В.О. Дослідження звивистого руху візків підвісної монорейкової дороги

Розглянуто звивистий рух ходового візка шахтної підвісної монорейкової дороги. Встановлено, що під час її руху виникають сили інерції, які викликають бічне розгойдування рухомого складу. Це призводить до необхідності обмежувати швидкість руху. Отримано рішення диференціального рівняння звивистого руху візка підвісної монорейкової дороги.

Ключові слова: монорейка, візок, колесо, переміщення, нерівності, інерція, коливання.

Gutarevych V. Research of nosing motion of suspended monorail carriage

There has been studied the nosing motion of carriage of mine suspended monorail. There has been found out that during its motion there appear inertial forces causing rolling stock side-sway. These oscillations bring to necessity to traverse speed limit. There has been got the solution of differential equation of carriage nosing motion along suspended monorail.

Keywords: monorail, truck, wheel, moving, bumps, inertia, oscillation.

Гутаревич В.О. – к.т.н., доцент кафедри горнозаводського транспорту и логистики, ДонНТУ, г. Донецьк, Україна, e-mail: gvodonntu@gmail.com.

Рецензент Губачева Л.А., д.т.н., проф.

Статья подана 12.07.2013

УДК 625.03

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПУТИ И ПОДВИЖНОГО СОСТАВА В ЗОНЕ РЕЛЬСОВЫХ СТЫКОВ ПРИ ДИСКРЕТНОМ ПОДРЕЛЬСОВОМ ОСНОВАНИИ.

Даренский А.Н., Клименко А.В.

FEATURES OF CALCULATIONS OF CO-OPERATION OF WAY AND MOBILE COMPOSITION IN THE AREA OF CLAOYPE JOINTS AT DISCRETE SUBCLAOTYPE FOUNDATION.

Darenskiy A.N., Klimenko A.V.

Разработана математическая модель для определения приведенной вертикальной жесткости рельсовой нити в точке контакта колеса и рельса при движении колеса по рельсу, имеющему стыки.

Ключевые слова: приведенная вертикальная жесткость, верхнее строение пути, рельсовый стык, упругие опоры.

Актуальность. Исследования работы железнодорожного пути под действием нагрузки от подвижного состава численными методами позволяет получать информацию об особенностях воздействия на путь и особенностях напряженно-деформированного состояния всей конструкции в различных условиях эксплуатации при значительно меньших материальных и финансовых расходах по сравнению с экспериментальными методами. Численные методы так же дают возможность точно определять исходные расчетные данные, что практически невозможно при проведении экспериментальных работ.

Однако, применять численные методы возможно только тогда, когда математические модели адекватно отображают реальную работу как динамической системы «экипаж-путь», так и конструкции пути. Это в полной мере относится к моделированию взаимодействий пути и подвижного состава в зонах рельсовых стыков, поскольку теоретические и экспериментальные исследования показали что уровень динамических воздействий на путь в стыках возрастает в 1,5-2 раза. Таким образом, моделирование работы рельсовой нити под действием вертикальной нагрузки в зоне стыка является актуальной задачей.

Анализ литературных источников. В настоящее время наиболее применяемой является модель пути при которой рельсы представлены в виде балок бесконечной длины, опирающихся на сплошное упругое основание, на основании теоретических исследований Е.М. Бромберга, М.Ф. Вериго, А.Я Когана, Г.М. Шахунянца [1-4] и других

учёных разработаны математические модели взаимодействия пути и подвижного состава, напряженно-деформированного состояния пути, которые базируются на этой расчетной схеме. Многочисленные экспериментальные исследования показали что для условий магистральных железных дорог теоретические и экспериментальные результаты имеют хорошую сходимость.

Однако ряд ученых (К.Д. Белых, [5], Н.С. Никеров, [6] и др.) считают что для условий промышленных железных дорог такая расчетная схема чрезмерно идеализирует путь и его техническое состояние. В.В. Рыбкин, рассчитывая путь как балку на многих упругих опорах с переменными характеристиками жесткости под действием статической нагрузки, показал что применение методов упругого основания дает заниженные на 17-24% результаты [7].

В работе [8] приведены математические модели динамической системы «экипаж-путь» в основе которых принята расчетная схема пути как балки на многих упруго-диссипативных опорах с нелинейными характеристиками. Реализация этих моделей в программной системе Mathcad позволяет определять пространственные силы воздействий экипажей на путь в условиях промышленного транспорта. Однако работа пути в зоне рельсовых стыков в этой работе не рассматривалась.

Целью статьи является разработка математической модели работы рельса в зоне стыка под действием вертикальных динамических сил от подвижного состава. При этом принята общая расчетная схема пути как балки на многих упругих опорах.

Основная часть. В работе [8] вертикальные силы взаимодействия экипажа и пути с использованием предположений об упруго-диссипативных характеристиках пути были определены как:

$$R_i = C_e(y_p) + \beta_e(x_p) \cdot \text{sign } x_p \quad (1)$$

где C_e – приведенная вертикальная жесткость рельсовой нити в точке контакта пути и рельса (Н/м);

y_p – вертикальный изгиб рельса под колесом (м);

β_e – параметр рассеивания энергии конструкцией пути в вертикальной плоскости

$$\left(\frac{H \cdot c^2}{m} \right)$$

Первое слагаемое в правой части этой формулы является упругой составляющей – диссипативной составляющей вертикальных сил взаимодействия. Тогда эту формулу можно записать в виде:

$$R = R_{yn} + R_{ouc} \quad (2)$$

Далее, на начальном этапе, рассматривалась работа пути под действием только упругой составляющей R_{yn} :

$$R = R_{yn} = C_e(y_p) \quad (3)$$

$$C_e = \frac{l}{y_{едр}} \quad (4)$$

где $y_{едр}$ – прогиб рельсовой нити под действием единичной силы $R_{едуп} = 1$.

Необходимое для расчетов значение приведенной к точке контакта колеса и рельса вертикальной жесткости рельсовой нити была определена следующим образом. При этом отмечается, что эта величина является переменной в процессе движения экипажа, нелинейной и зависящей как от жесткостей всех рельсовых опор так и от места расположения колеса относительно этих опор.

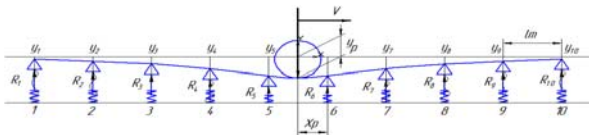


Рис. 1. Расчетная схема рельсовой нити на упругих опорах под действием движущейся силы:

y_i – прогиб рельса на опорах; y_p – прогиб рельса под колесом.

Величину прогиба рельсовой нити под действием единичной силы можно определить как:

$$y_{едр} = y_5 \frac{x_p}{\lambda_{uu}} + y_6 \frac{(\lambda_{uu} - x_p)}{\lambda_{uu}} + \frac{(\lambda_{uu} - x_p)^2 x_p^2}{3EI \lambda_{uu}} \quad (5)$$

В этой формуле:

y_i – упругие осадки рельсовых опор;

λ_{uu} – расстояние между опорами;

x_p – расстояние от ближайшей опоры до точки приложения силы $R_{едуп}$:

$$x_p = \lambda_{uu} \left(1 - \left\{ \frac{x_{ni}}{\lambda_{uu}} \right\} \right) \quad (6)$$

Решая задачу о взаимодействии экипажа и пути методом Рунге Кутта в каждой точке интегрирования общей системы уравнений пути и

где λ_{uu} – расстояние между опорами (м);

$\left\{ \frac{x_{ni}}{\lambda_{uu}} \right\}$ – дробная часть соотношения $\frac{x_{ni}}{\lambda_{uu}}$;

x_{ni} – текущая абсцисс каждой пары (м).

Упругие осадки рельсовых опор были определены с использованием уравнений пяти моментов как:

$$\left. \begin{aligned} y_1 &= \frac{1}{c \cdot \lambda_{uu}} (M_2 - 2M_1) \\ y_2 &= \frac{1}{c \cdot \lambda_{uu}} (M_3 - 2M_2 + M_1) \\ y_3 &= \frac{1}{c \cdot \lambda_{uu}} (M_4 - 2M_3 + M_2) \\ y_4 &= \frac{1}{c \cdot \lambda_{uu}} (M_5 - 2M_4 + M_3) \\ y_5 &= \frac{1}{c \lambda_{uu}} [(\lambda_{uu} - x_p) R_{yn} + M_6 - 2M_5 + M_4] \\ y_6 &= \frac{1}{c \cdot \lambda_{uu}} (x_p R_{yn} + M_7 - 2M_6 + M_5) \\ y_7 &= \frac{1}{c \cdot \lambda_{uu}} (M_8 - 2M_7 + M_6) \\ y_8 &= \frac{1}{c \cdot \lambda_{uu}} (M_9 - 2M_8 + M_7) \\ y_9 &= \frac{1}{c \cdot \lambda_{uu}} (M_{10} - 2M_9 + M_8) \\ y_{10} &= \frac{1}{c \cdot \lambda_{uu}} (-2M_{10} + M_9) \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Неизвестные опорные моменты M_i определялись в матричной форме с использованием уравнений Крамера в виде:

$$M_i = \frac{\tilde{\Delta}_i}{\Delta} \cdot R_{едуп} \quad (8)$$

где Δ_j – определитель матрицы относительных жесткостей рельсов и рельсовых опор;

$\tilde{\Delta}_j$ – определитель матрицы свободных членов системы уравнений пяти моментов.

Для расчетной схемы, приведенной на рис. 1, матрица жесткостей получена в виде:

$$\begin{pmatrix} 4+6\alpha & 1-4\alpha & \alpha & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1-4\alpha & 4+6\alpha & 1-4\alpha & \alpha & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \alpha & 1+4\alpha & 4+6\alpha & 1-4\alpha & \alpha & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \alpha & 1-4\alpha & 4+6\alpha & 1-4\alpha & \alpha & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \alpha & 1-4\alpha & 4+6\alpha & 1-4\alpha & \alpha & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \alpha & 1-4\alpha & 4+6\alpha & 1-4\alpha & \alpha & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \alpha & 1-4\alpha & 4+6\alpha & 1-4\alpha & \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \alpha & 1-4\alpha & 4+6\alpha & 1-4\alpha & \alpha \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \alpha & 1-4\alpha & 4+6\alpha & 1-4\alpha \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \alpha & 1-4\alpha & 4+6\alpha \end{pmatrix} \quad (9)$$

подвижного состава, рассчитывались неизвестные опорные моменты для общей расчетной схемы (рисунок 1). Далее определялись упругие прогибы

рельсовой нити в точке контакта колеса и рельса и таким образом определялась приведенная жесткость рельсовой нити.

Если определить в численном виде значения скоростей деформаций всех рельсовых опор, можно рассчитать также приведенный коэффициент диссипации пути, который как и жесткость, является переменным в процессе движения и нелинейным.

Матрица жесткостей рельсовой нити (9), составленная для расчетной схемы (рисунок 1), получена из условия постоянной жесткости рельса во всех пролетах.

Однако, в зоне рельсового стыка жесткость рельсовой нити будет иной. На этот параметр будут влиять и значения суммарной жесткости стыковых накладок, уровень натяжения стыковых болтов, наличие стыкового зазора.

Для учета такой особенности устройства пути в зоне стыка рассмотрим работу рельсовой нити при наличии рельсового стыка под действием вертикальной силы. Поскольку изменение изгибной жесткости рельса влияет на приведенного к точке контакта вертикальную жесткость в зависимости от расстояния от точки контакта до стыка, необходимо рассмотреть несколько расчетных схем.

В первом случае вертикальная сила находится в пятом пролете от стыка. Расчетная схема в этом случае будет иметь вид (рисунок 2).



Рис. 2 Расчетная схема первого варианта нагружения

Запишем уравнения пяти моментов для каждой из десяти опор:

$$\begin{aligned}
 1^{\text{я}}: & M_1(4+6\alpha) + M_2(1-4\alpha) + M_3\alpha + 0 \dots = 0 \\
 2^{\text{я}}: & M_1(1-4\alpha) + M_2(4+6\alpha) + M_3(1-4\alpha) + M_y\alpha + 0 \dots = 0 \\
 3^{\text{я}}: & M_1\alpha + M_2(1-4\alpha) + M_3(4+6\alpha) + M_4(1-4\alpha) + M_5 \cdot \alpha + 0 \dots = 0 \\
 4^{\text{я}}: & 0 + M_2\alpha + M_3(1-4\alpha) + M_4(4+6\alpha) + M_5(1-4\alpha) + M_6\alpha + 0 \dots = 0 \\
 5^{\text{я}}: & \dots 0 + M_3\alpha + M_4(1-4\alpha) + M_5(4+6\alpha) + M_6(1-4\alpha) + M_7\alpha + 0 \dots = \\
 & = -\frac{R_{y_{ni}}}{\lambda_{uu}^2} x_p (\lambda_{uu} - x_p) \cdot x_p (2\lambda_{uu} - x_{pi}) + R_{y_{ni}} [2\alpha x_{pi} - \alpha (\lambda_{uu} - x_{pi})] \\
 6^{\text{я}}: & 0 + M_4\alpha + M_5(1-4\alpha) + M_6(4+6\alpha) + M_7(1-4\alpha) + M_8\alpha + 0 \dots = \\
 & = -\frac{R_{y_{ni}}}{\lambda_{uu}^2} (\lambda_{uu} - x_{pi}) \cdot x_{pi} (2\lambda_{uu} - x_{pi}) + R_{y_{ni}} [2\alpha (\lambda_{uu} - x_{pi}) - \alpha x_{pi}] \\
 7^{\text{я}}: & \dots 0 + M_5\alpha + M_6(1-4\alpha) + M_7(4+6\alpha) + M_8(1-4\alpha) + M_9\alpha + 0 \dots = 0 \\
 8^{\text{я}}: & \dots 0 + M_6\alpha + M_7(1-4\alpha) + M_8(4+6\alpha) + M_9(1-4\alpha) + M_{10}\alpha_{st} = 0 \\
 9^{\text{я}}: & \dots 0 + M_7\alpha + M_8(1-4\alpha) + M_9(4+6\alpha) + M_{10}(1-4\alpha_{st}) = 0 \\
 10^{\text{я}}: & \dots 0 + M_8\alpha + M_9(1-4\alpha) + M_{10}(4+6\alpha_{st}) = 0
 \end{aligned} \tag{10}$$

В этом случае матрица жесткостей будет иметь вид:

$$\begin{pmatrix}
 4+6\alpha & 1-4\alpha & \alpha & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 1-4\alpha & 4+6\alpha & 1-4\alpha & \alpha & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 \alpha & 1+4\alpha & 4+6\alpha & 1-4\alpha & \alpha & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & \alpha & 1-4\alpha & 4+6\alpha & 1-4\alpha & \alpha & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & \alpha & 1-4\alpha & 4+6\alpha & 1-4\alpha & \alpha & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & \alpha & 1-4\alpha & 4+6\alpha & 1-4\alpha & \alpha & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & \alpha & 1-4\alpha & 4+6\alpha & 1-4\alpha & \alpha & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \alpha & 1-4\alpha & 4+6\alpha & 1-4\alpha & \alpha_{st} \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \alpha & 1-4\alpha & 4+6\alpha & 1-4\alpha_{st} \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \alpha & 1-4\alpha & 4+6\alpha_{st}
 \end{pmatrix} \tag{11}$$

В этих формулах α_{st} – коэффициент относительной жесткости рельса и рельсовой опоры в зоне стыкового пролета:

$$\alpha_{st} = \frac{6EI_{st}}{l_s^3 C_y} \tag{12}$$

где E – модуль упругости рельсовой стали;
 C_y – вертикальная жесткость рельсовой опоры;

l_{st} – расстояния между опорами в стыковом пролете.



Рис. 3 Расчетная схема второго варианта нагружения

Далее вертикальная сила находится в четвертом пролете от стыка (рисунок 3).

Уравнения пяти моментов для каждой из десяти опор будут иметь вид:

$$\begin{aligned}
 1^{\text{я}}: & M_1(4+6\alpha) + M_2(1-4\alpha) + M_3\alpha + 0 \dots = 0 \\
 2^{\text{я}}: & M_1(1-4\alpha) + M_2(4+6\alpha) + M_3(1-4\alpha) + M_y\alpha + 0 \dots = 0 \\
 3^{\text{я}}: & M_1\alpha + M_2(1-4\alpha) + M_3(4+6\alpha) + M_4(1-4\alpha) + M_5 \cdot \alpha + 0 \dots = 0 \\
 4^{\text{я}}: & 0 + M_2\alpha + M_3(1-4\alpha) + M_4(4+6\alpha) + M_5(1-4\alpha) + M_6\alpha + 0 \dots = 0 \\
 5^{\text{я}}: & \dots 0 + M_3\alpha + M_4(1-4\alpha) + M_5(4+6\alpha) + M_6(1-4\alpha) + M_7\alpha + 0 \dots = \\
 & = -\frac{R_{y_{ni}}}{\lambda_{uu}^2} x_p (\lambda_{uu} - x_p) \cdot x_p (2\lambda_{uu} - x_{pi}) + R_{y_{ni}} [2\alpha x_{pi} - \alpha (\lambda_{uu} - x_{pi})] \\
 6^{\text{я}}: & 1 \\
 & 0 + M_4\alpha + M_5(1-4\alpha) + M_6(4+6\alpha) + M_7(1-4\alpha) + M_8\alpha + 0 \dots = \\
 & = -\frac{R_{y_{ni}}}{\lambda_{uu}^2} (\lambda_{uu} - x_{pi}) \cdot x_{pi} (2\lambda_{uu} - x_{pi}) + R_{y_{ni}} [2\alpha (\lambda_{uu} - x_{pi}) - \alpha x_{pi}] \\
 7^{\text{я}}: & \dots 0 + M_5\alpha + M_6(1-4\alpha) + M_7(4+6\alpha) + M_8(1-4\alpha) + M_9\alpha_{st} + 0 \dots = 0 \\
 8^{\text{я}}: & \dots 0 + M_6\alpha + M_7(1-4\alpha) + M_8(4+6\alpha) + M_9(1-4\alpha_{st}) + M_{10}\alpha_{st} = 0 \\
 9^{\text{я}}: & \dots 0 + M_7\alpha + M_8(1-4\alpha) + M_9(4+6\alpha_{st}) + M_{10}(1-4\alpha_{st}) = 0 \\
 10^{\text{я}}: & \dots 0 + M_8\alpha + M_9(1-4\alpha_{st}) + M_{10}(4+6\alpha_{st}) = 0
 \end{aligned} \tag{13}$$

В этом случае матрица жесткостей будет следующей:

$$\begin{pmatrix} 4+6\alpha & 1-4\alpha & \alpha & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1-4\alpha & 4+6\alpha & 1-4\alpha & \alpha & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \alpha & 1+4\alpha & 4+6\alpha & 1-4\alpha & \alpha & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \alpha & 1-4\alpha & 4+6\alpha & 1-4\alpha & \alpha & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \alpha & 1-4\alpha & 4+6\alpha & 1-4\alpha & \alpha & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \alpha & 1-4\alpha & 4+6\alpha & 1-4\alpha & \alpha & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \alpha & 1-4\alpha & 4+6\alpha & 1-4\alpha & \alpha_{st} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \alpha & 1-4\alpha & 4+6\alpha & 1-4\alpha_{st} & \alpha_{st} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \alpha & 1-4\alpha & 4+6\alpha_{st} & 1-4\alpha_{st} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \alpha & 1-4\alpha_{st} & 4+6\alpha_{st} \end{pmatrix} \quad (14)$$

Здесь все обозначения прежние.

Таким образом, по мере приближения колеса к стыковому пролету матрицы жесткостей будут изменяться следующим образом:

- колесо находится в третьем пролете от стыкового пролета:

$$\begin{pmatrix} 4+6\alpha & 1-4\alpha & \alpha & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1-4\alpha & 4+6\alpha & 1-4\alpha & \alpha & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \alpha & 1+4\alpha & 4+6\alpha & 1-4\alpha & \alpha & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \alpha & 1-4\alpha & 4+6\alpha & 1-4\alpha & \alpha & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \alpha & 1-4\alpha & 4+6\alpha & 1-4\alpha & \alpha & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \alpha & 1-4\alpha & 4+6\alpha & 1-4\alpha & \alpha_{st} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \alpha & 1-4\alpha & 4+6\alpha & 1-4\alpha_{st} & \alpha_{st} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \alpha & 1-4\alpha & 4+6\alpha_{st} & 1-4\alpha_{st} & \alpha \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \alpha & 1-4\alpha_{st} & 4+6\alpha_{st} & 1-4\alpha \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \alpha & 1-4\alpha_{st} & 4+6\alpha \end{pmatrix} \quad (15)$$

- во втором пролете:

$$\begin{pmatrix} 4+6\alpha & 1-4\alpha & \alpha & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1-4\alpha & 4+6\alpha & 1-4\alpha & \alpha & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \alpha & 1+4\alpha & 4+6\alpha & 1-4\alpha & \alpha & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \alpha & 1-4\alpha & 4+6\alpha & 1-4\alpha & \alpha & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \alpha & 1-4\alpha & 4+6\alpha & 1-4\alpha & \alpha_{st} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \alpha & 1-4\alpha & 4+6\alpha & 1-4\alpha_{st} & \alpha_{st} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \alpha & 1-4\alpha & 4+6\alpha_{st} & 1-4\alpha_{st} & \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \alpha & 1-4\alpha_{st} & 4+6\alpha_{st} & 1-4\alpha & \alpha \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \alpha_{st} & 1-4\alpha_{st} & 4+6\alpha & 1-4\alpha \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \alpha_{st} & 1-4\alpha & 4+6\alpha \end{pmatrix} \quad (16)$$

- в первом пролете:

$$\begin{pmatrix} 4+6\alpha & 1-4\alpha & \alpha & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1-4\alpha & 4+6\alpha & 1-4\alpha & \alpha & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \alpha & 1+4\alpha & 4+6\alpha & 1-4\alpha & \alpha & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \alpha & 1-4\alpha & 4+6\alpha & 1-4\alpha & \alpha_{st} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \alpha & 1-4\alpha & 4+6\alpha & 1-4\alpha_{st} & \alpha_{st} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \alpha & 1-4\alpha & 4+6\alpha_{st} & 1-4\alpha_{st} & \alpha & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \alpha & 1-4\alpha_{st} & 4+6\alpha_{st} & 1-4\alpha & \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \alpha_{st} & 1-4\alpha_{st} & 4+6\alpha & 1-4\alpha & \alpha \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \alpha_{st} & 1-4\alpha & 4+6\alpha & 1-4\alpha \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \alpha & 1-4\alpha & 4+6\alpha \end{pmatrix} \quad (17)$$

- колесо находится в стыковом пролете:

$$\begin{pmatrix} 4+6\alpha & 1-4\alpha & \alpha & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1-4\alpha & 4+6\alpha & 1-4\alpha & \alpha & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \alpha & 1+4\alpha & 4+6\alpha & 1-4\alpha & \alpha_{st} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \alpha & 1-4\alpha & 4+6\alpha & 1-4\alpha_{st} & \alpha_{st} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \alpha & 1-4\alpha & 4+6\alpha_{st} & 1-4\alpha_{st} & \alpha & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \alpha & 1-4\alpha_{st} & 4+6\alpha_{st} & 1-4\alpha & \alpha & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \alpha_{st} & 1-4\alpha_{st} & 4+6\alpha & 1-4\alpha & \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \alpha_{st} & 1-4\alpha & 4+6\alpha & 1-4\alpha & \alpha \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \alpha & 1-4\alpha & 4+6\alpha & 1-4\alpha \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \alpha & 1-4\alpha & 4+6\alpha \end{pmatrix} \quad (18)$$

Далее, по мере удаления от стыкового пролета, матрицы будут симметрично изменяться в обратную сторону.

Составляя определители матрицы жесткости и определители матрицы внешней загрузки, единичные опорные моменты рассчитать по формуле:

$$M_i = \frac{A_j}{\Delta} \quad (19)$$

Зная единичные опорные моменты, рассчитываются упругие единичные прогибы опор (система уравнений 7), единичные прогибы в точке действия нагрузки (формула 5) и искомые приведенные вертикальные жесткости рельсовой нити. Эти значения используются в расчетах вертикальных динамических сил взаимодействия по описанной выше методике.

Вывод. Таким образом, разработана математическая модель, которая позволяет определить приведенную к точке контакта колеса и рельса жесткость рельсовой нити, что позволяет определять вертикальные динамические силы взаимодействия пути и подвижного состава с учетом изменений параметров изгибной жесткости рельсовой нити в зоне стыка.

Следует подчеркнуть, что влияние этих параметров на силы взаимодействия непрерывно изменяется в процессе движения, нелинейно зависит как от жесткости рельсовых опор так и от жесткости рельсов в не стыка и в зоне рельсового стыка.

Л и т е р а т у р а

1. Бесстыковой путь [Текст] / В.Г. Альбрехт, Е.М. Бромберг, Н.Б. Зверев и др. – М.: Транспорт, 1982. – 206 с.
2. Взаимодействие пути и подвижного состава [Текст]: Е.М. Бромберг, М.Ф. Вериго, В.Н. Данилов / под ред. М.А. Фишмана. – М.: Трансжелдориздат. – 1956. 280 с.
3. Шахунянец Г.М. Железнодорожный путь [Текст]: Монография / Г.М. Шахунянец – М.: Транспорт, 1987 – 497 с.
4. Вериго М.Ф., Коган А.Я. Взаимодействие пути и подвижного состава [Текст]: М.Ф. Вериго, А.Я. Коган. – М.: Транспорт – 1986 – 589 с.
5. Белых К.Д., Уманов М.К., Малышко Г.Н., О нагрузках от колес при расчете железнодорожного пути [Текст] / К.Д. Белых, М.К. Уманов, Г.Н. Малышко // Металлургическая промышленность. – 1976. - №5 – с. 78-79
6. Нисиров Н.С. Исследования сил взаимодействия рельсовых нитей и подрельсовых шпальных оснований

[Текст] // Труды ЛИИЖТ – Л.: Транспорт – 1977 - №416 – с.26-35.

7. Климов В.И., Рыбкин В.В., Исследование влияния нелинейных характеристик подрельсового основания пути [Текст] / В.И. Климов, В.В. Рыбкин // Труды ДИИТа – 1987 - №244/32. – с.72-84

8. Даренский А.Н. Теоретичні та експериментальні дослідження роботи залізничних колій промислового транспорту: монографія / О.М. Даренський, - Харків: УкрДАЗТ, 2011 – 204 с.

References

1. Besstykovoј put' [Tekst] / V.G. Al'brehт, E.M. Bromberg, N.B. Zverev i dr. – М.: Transport, 1982. – 206 s.

2. Vzaimodejstvie puti i podvizhnogo sostava [Tekst]: E.M. Bromberg, M.F. Verigo, V.N. Danilov / pod red. M.A. Fishmana. – М.: Transzheldorizdat. – 1956. 280 s.

3. Shahunjanc G.M. Zheleznodorozhnyj put' [Tekst]: Monografija / G.M. Shahunjanc – М.: Transport, 1987 – 497 s.

4. Verigo M.F., Kogan A.Ja. Vzaimodejstvie puti i podvizhnogo sostava [Tekst]: M.F. Verigo, A.Ja. Kogan. – М.: Transport – 1986 – 589 s.

5. Belyh K.D., Umanov M.K., Malyshko G.N., O nagruzkah ot koles pri raschete zheleznodorozhnogo puti [Tekst] / K.D. Belyh, M.K. Umanov, G.N. Malyshko // Metallurgicheskaja promyshlennost'. – 1976. - №5 – s. 78-79

6. Nisirov N.S. Issledovanija sil vzaimodejstvija rel'sovych nitej i podrel'sovych shpal'nyh osnovanij [Tekst] // Trudy LIIZhT – Л.: Transport – 1977 - №416 – s.26-35.

7. Klimov V.I., Rybkin V.V., Issledovanie vlijanija nelinejnyh harakteristik podrel'sovogo osnovanija puti [Tekst] / V.I. Klimov, V.V. Rybkin // Trudy DIITa – 1987 - №244/32. – s.72-84

8. Darenskiј A.N. Teoretichni ta eksperimental'ni doslidzhennja roboti zaliznichnih kolij promislovogo transportu: monografija / O.M. Darens'kij, - Harkiv: UkrDAZT, 2011 – 204 s.

Даренский А.Н., Клименко А.В. Особенности расчетов взаимодействия пути и подвижного состава в зоне рельсовых стыков при дискретном подрельсовом основании

Разработана математическая модель для определения приведенной вертикальной жесткости рельсовой нити в точке контакта колеса и рельса при движении колеса по рельсу, имеющему стыки.

Ключевые слова: *приведенная вертикальная жесткость, верхнее строение пути, рельсовый стык, упругие опоры.*

Darenskiy A.N., Klimenko A.V. Features of calculations of co-operation of way and mobile composition in the area of clotype joints at discrete subclotype foundation

A mathematical model for determining the vertical stiffening rail here yarn contact point of wheel and rail wheels when driving on a rail having joints.

Keywords: *reduced vertical stiffness, permanent way, the rail joints, elastic supports.*

Даренский А.Н. – д.т.н., профессор кафедры пути и путевого хозяйства, УкрГАЖТ, г. Харьков, Украина

Клименко А.В. – аспирант кафедры строительной механики и гидравлики, УкрГАЖТ, г. Харьков, Украина, e-mail: iandrew.ua@gmail.com

Статья подана 15.08.2013

УДК 629.4.027.4

ВАРИАНТЫ ОЦЕНКИ РЕЖИМОВ ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЦЕЛЬНОКАТАНЫХ КОЛЕС

Иванов И. А., Потахов Д. А., Урушев С. В.

VARIANTS OF SOLID-ROLLED WHEELS RECOVERY PROCESS MODES EVALUATION

Ivanov I. A., Potakhov D. A., Urushev S. V.

В статье рассмотрены некоторые результаты использования колесных пар повышенного качества и твердости, предусмотренные новой редакцией ГОСТ 10791. Приведены статистические данные по эффективности их использования. Произведена оценка влияния твердости колесной стали на режимы восстановления профиля колеса на основе различных методов расчета с использованием теории подобия, теплофизического подхода, методов линейного программирования и термомеханического похода.

Ключевые слова: цельнокатаное колесо, режущий инструмент, восстановление поверхности катания, твердость, режимы процесса восстановления.

Введение. В процессе эксплуатации подвижного состава происходит износ и повреждение его ходовых частей и, в частности, профиля поверхности катания колесных пар [1]. Изношенный профиль периодически восстанавливается механической обработкой с применением твердосплавного режущего инструмента [2-4]. В связи с ростом удельной нагрузки на ось, переходом на рельсы тяжелого типа, использованием объемной закалки рельсов, снижением требований по величине перегиба пути и др. возрастает количество отцепок вагонов по различным дефектам колес, что в свою очередь приводит к увеличению затрат на ремонт локомотивного и вагонного хозяйств. Для повышения качества работы пары колесо – рельс разработаны технические условия и новые редакции ГОСТ 10791 и ГОСТ 398 и ведется производство колес повышенной твердости обода. В связи с этим требуется оценка обрабатываемости колесной стали колес повышенного качества и твердости.

1. Результаты эксплуатации колес повышенного качества и твердости. Начиная с 2004 года, на вагоны эксплуатационного парка РЖД

было отгружено более 3 млн колес повышенного качества и твердости. Доля производства таких колес в общем объеме закупаемых колес показана в табл. 1 [5], а динамика их роста в рабочем парке грузовых вагонов РФ представлена на рис. 1.

Таблица 1

Доля производства колес повышенного качества и твердости в общем объеме закупаемых колес

№ п/п	Года							
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011*
Доля производств ва колес, %	10,2	51,5	53,5	52,6	55,0	17,8	7,5	2,9

*данные за 1 квартал 2011 года.

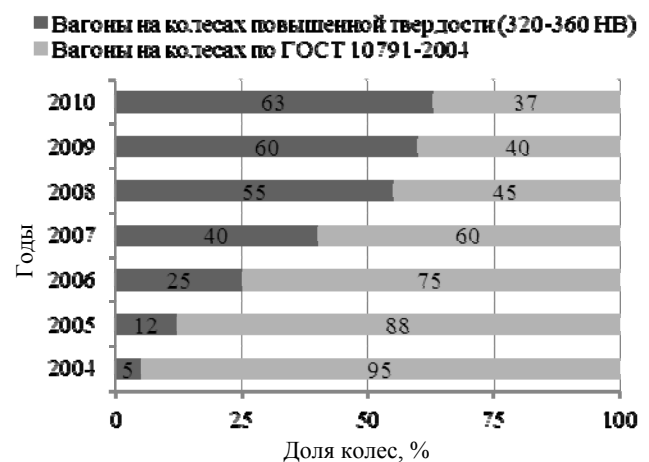


Рис. 1. Доля колес твердости 320-360 HB в рабочем парке грузовых вагонов РФ

Анализ официальных данных по эксплуатации колесных пар с увеличенными прочностными характеристиками обода с начала их эксплуатации демонстрирует превосходство потребительских свойств таких колес по сравнению с традиционными колесами по разным оценкам в 1,5 – 1,9 раза.

Использование твердых колес сокращает отцепки вагонов по причине дефекта колеса (рис. 2). После применения колес повышенной твердости произошло сокращение отцепки в текущий отцепочный ремонт (ТОР) вагонов из-за неисправности колесных пар в целом в 2,6 раза, в том числе по выщербинам – в 1,8 раза, по дефектам гребня – в 3,4 раза, по ползунам и наварам – в 2,8 раза и по прокату выше нормы в 2,6 раза [6].

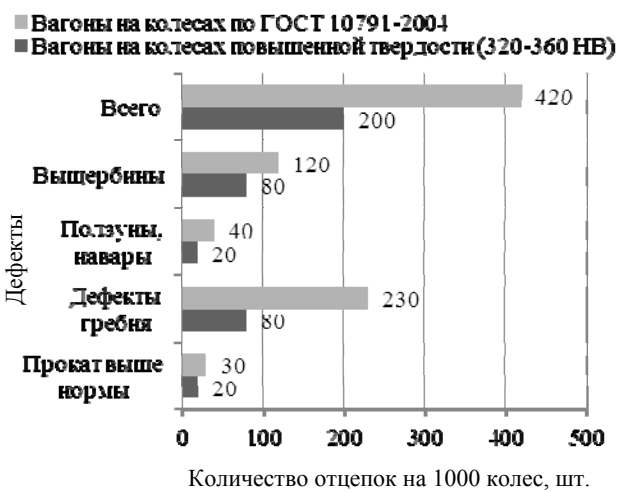


Рис. 2. Количество отцепок в ТОР по неисправностям колесных пар за 2009 год

Несмотря на положительный эффект от использования колес повышенной твердости в виде улучшения эксплуатационных свойств, в ряде случаев наблюдается отрицательный результат при их ремонте [7-9]. Повышение физико-механических характеристик обрабатываемых колес приводит к изменению температурно-силовых нагрузок на режущий инструмент и преждевременному выходу его из строя на режимах, применяемых для колес по ГОСТ 10791-2004.

2. Анализ результатов расчета режимов процесса восстановления профиля поверхности катания колесных пар по ГОСТ 10791-2011. Сравнение режимов процесса восстановления профиля поверхности катания железнодорожных колес осуществлялось при использовании режущего инструмента призматической формы из твердых сплавов группы применения Р и М (Т14К8, МС121, МС137 и др.). Инструмент имел следующую геометрию заточки: $\gamma=0^\circ$, $\varphi=70^\circ$, $\varphi_1=20^\circ$, $\alpha=6^\circ$, радиус при вершине пластины - $r=4 \cdot 10^{-3}$ м. Графические зависимости влияния твердости колесной стали на скорость резания, полученную на основе разных подходов и теорий, отображаются в виде вогнутых

кривых (рис. 3-5), снижающихся при увеличении твердости колесной стали.

На рис. 3 показана скорость резания, полученная при разных значениях твердости при глубине резания 3 мм с использованием при расчете теории подобия [10], теплофизического анализа [11, 12], термомеханического подхода [13, 14] и линейного программирования [15-17]. Как видно из рис.3, рассчитанные режимы восстановления имеют определенные отличия. Наименьшие значения скорости соответствуют термомеханическому подходу, средние величины дают теплофизический подход и метод подобия, а наибольшие значения получены на основе метода линейного программирования с использованием общемашиностроительных нормативов [18, 19].

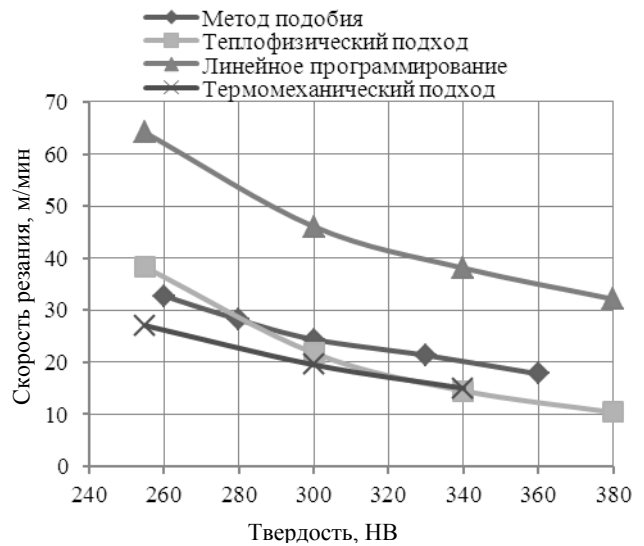


Рис. 3. Влияние твердости колесной стали на скорость резания, полученную разными методами расчета при $s=1,1$ мм, $t=3$ мм

Рис. 4 отражает влияние твердости колесной стали на скорость резания при глубине 5 мм. На данной глубине резания значения скоростей, полученные с использованием метода подобия и термомеханического подхода, практически совпадают во всем диапазоне твердостей. Режимы, полученные на основе теплофизического анализа, несколько выше при относительно небольших значениях твердости порядка 250-280 HB, однако при ее увеличении значение скорости резания на основе этих трех подходов все более сближаются. Режимы, полученные методом линейного программирования, опять ощутимо отличаются. Одной из причин этого отличия может быть отсутствие в математической модели зависимостей, учитывающих в явном виде влияние температурно-износных процессов на результаты расчета.

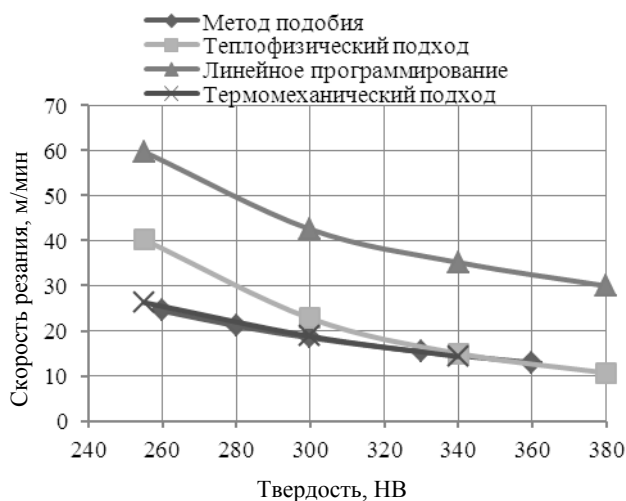


Рис. 4. Влияние твердости колесной стали на скорость резания, полученную разными методами расчета при $s=1,1$ мм, $t=5$ мм

На рис. 5 отражено влияние твердости стали на скорость резания, полученную на основе различных методов расчета для глубины резания в 9 мм. Из сравнительного анализа кривых можно заключить, что метод подобию и термомеханический подход дают практически одни режимы восстановления профиля колеса, данные теплофизического подхода с ними разнятся, однако тем меньше, чем выше твердость колеса. Опять же режимы, полученные на

основе метода линейного программирования, отличаются от других методов расчета, предполагаемые причины чего были представлены выше.

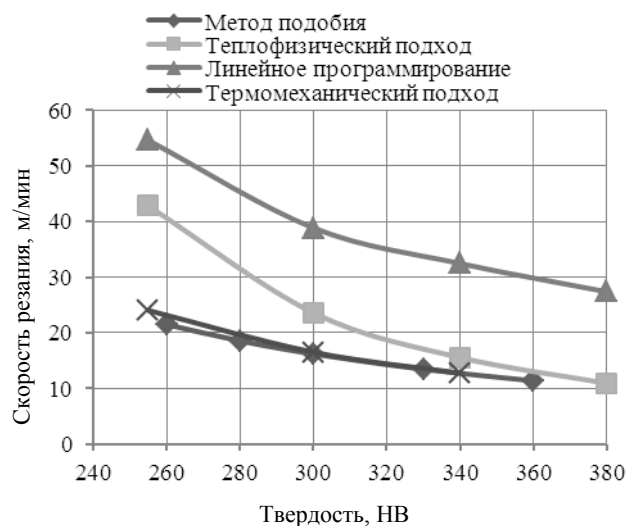


Рис. 5. Влияние твердости колесной стали на скорость резания, полученную разными методами расчета при $s=1,1$ мм, $t=9$ мм

Таблица 2

Сравнение результатов расчета скорости резания для стали твердостью 255 НВ при $s=1,1$ мм

Глубина t , мм	Скорость резания v , м/мин			
	Метод подобию	Теплофизический подход	Линейное программирование	Термомеханический подход
3	29,30	38,26	64,09	27,04
5	25,32	40,25	59,76	26,29
7	23,39	41,56	56,84	25,54
9	22,26	42,83	54,61	24,04
11	21,59	43,04	53,00	22,54

Таблица 3

Сравнение результатов расчета скорости резания для стали твердостью 300 НВ при $s=1,1$ мм

Глубина t , мм	Скорость резания v , м/мин			
	Метод подобию	Теплофизический подход	Линейное программирование	Термомеханический подход
3	21,35	21,78	46,08	19,53
5	18,45	22,75	42,53	18,78
7	17,05	23,23	40,46	18,03
9	16,22	23,60	38,87	16,53
11	15,72	23,91	37,72	15,78

Таблиця 4

Сравнение результатов расчета скорости резания для стали твердостью 340 НВ при $s=1,1$ мм

Глубина t , мм	Скорость резания v , м/мин			
	Метод подобия	Теплофизический подход	Линейное программирование	Термомеханический подход
3	16,80	14,53	38,10	15,02
5	14,48	14,97	35,17	14,27
7	13,37	15,35	33,46	13,52
9	12,71	15,58	32,47	12,77
11	12,31	15,69	31,51	12,02

В численном виде рассчитанные режимы восстановления профиля колеса представлены в табл. 2-4.

Как при интенсивных режимах восстановления, соответствующих достаточно большим величинам сечения срезаемого слоя, так и при режимах резания со сравнительно небольшой толщиной срезаемого слоя при увеличении твердости стали рассчитанная скорость существенно уменьшается.

Заключение. 1. Результаты использования колес с улучшенными физико-механическими характеристиками свидетельствуют об улучшении их эксплуатационных свойств. Однако в процессе их ремонта наблюдается нежелательный результат в части снижения производительности восстановления.

2. Различие в твердости колесных пар, предусмотренное ГОСТ 10791-2011, приводит к значительному изменению расчетной величины скорости резания при восстановлении профиля. Так, независимо от применяемого метода расчета при увеличении твердости колесной стали расчетная скорость резания ощутимо падает.

3. Использование новых марок колесных сталей с повышенными физико-механическими свойствами потребует при восстановлении профиля поверхности катания на ремонтных предприятиях снижения уровня режимов резания примерно в 2 раза по сравнению с режимами обработки обычных железнодорожных колес.

Литература

1. Богданов А.Ф. и др. Восстановление профиля поверхности катания колесных пар / А.Ф. Богданов, И.А. Иванов, М. Ситаж. Под ред. д.т.н. И.А. Иванова. – СПб.: ПГУПС, 2000. – 128 с.
2. Богданов А.Ф., Чурсин В.Г. Эксплуатация и ремонт колесных пар вагонов. – М.: Транспорт, 1985. – 270 с.
3. Повышение работоспособности колес рельсового транспорта при ремонте технологическими методами / И.А. Иванов, С.В. Урушев, М. Ситаж, А.М. Будюкин; Под ред. д.т.н. И.А. Иванова. – СПб.: ПГУПС, 1995. – 124 с.
4. Воробьев А.А., Иванов И.А., Кононов Д.П., Тарапанов А.С. Анализ методов восстановления профиля катания колесных пар // Вестник ВНИИЖТ. – 2011. – №3 – с. 34-38.

5. Никитин С. В. Цельнокатаные колеса повышенного качества и твердости: реалии и будущее // Вестник института проблем естественных монополий. Техника железных дорог. – 2011. – №2. – с. 19–20.

6. Торина Я. Экономический эффект твердого колеса/РЖД–Партнер: Деловой журнал Российских железных дорог. – СПб.: ОМ–Экспресс, 2009.–№10. – с. 100.

7. Потахов Д. А. Использование на подвижном составе колесных пар повышенной твердости // Известия ПГУПС. – 2013. – №1 (34) – с. 139-147

8. Воробьев А.А., Иванов И.А., Кушнер В.С., Крутько А.А. Разработка рекомендаций по режимам обработки колесных пар повышенной твердости // Транспорт Урала. – 2009.– №1 (21) – с. 48-51.

9. Ресурс и ремонтпригодность колесных пар подвижного состава железных дорог. Монография / Под ред. проф. И.А. Иванова. – М.: ИНФРА-М, 2011. – 264 с. – (Научная мысль).

10. Силин С.С. Метод подобия при резании материалов. – М.: Машиностроение, 1979. – 152 с.

11. Резников А. Н. Теплофизика процессов механической обработки. – М.: Машиностроение, 1981. – 279 с.

12. Потахов Д. А. Теплофизический анализ процесса восстановления профиля поверхности катания колесных пар // Вестник ВНИИЖТ. – 2013. – №3 – с. 11-16.

13. Васин С.А., Верещака А.С., Кушнер В.С. Резание материалов: Термомеханический подход к системе взаимосвязей при резании. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001, – 448 с.

14. Воробьев А.А., Иванов И.А., Кушнер В.С., Крутько А.А. Разработка рекомендаций по режимам обработки колесных пар повышенной твердости // Транспорт Урала. – 2009.– №1 (21) – с. 48-51.

15. Лунгу К. Н. Линейное программирование. Руководство к решению задач. – М.: Физматлит, 2005. – 128 с.

16. Горанский Г. К. Расчет режимов резания при помощи электронно-вычислительных машин.– Минск.: Государственное издательство БССР, 1963. – 192 с.

17. Богданов А. Ф., Диденко В. В. Математическая модель станкооперации // Конструктивно-технологическое обеспечение надёжности подвижного состава. Сб. научн. тр. – Л.: ЛИИЖТ, 1985. – с. 87-97.

18. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1986. – 656 с.

19. Общемашиностроительные нормативы режимов резания: Справочник в 2-х т. / А.Д. Локтев, И.Ф. Гущин, В.А. Батуев и др. – М.: Машиностроение, 1991. – 640 с.

References

1. Bogdanov A.F. i dr. Vosstanovlenie profilja poverhnosti katanija kolesnyh par / A.F. Bogdanov, I.A. Ivanov, M. Sitazh. Pod red. d.t.n. I.A. Ivanova. – SPb.: PGUPS, 2000. – 128 s.

2. Bogdanov A.F., Chursin V.G. Jekspluatacija i remont kolesnyh par vagonov. – М.: Transport, 1985. – 270 s.

3. Povyshenie rabotosposobnosti koles rel'sovogo transporta pri remonte tehnologicheskimi metodami / I.A. Ivanov, S.V. Urushev, M. Sitazh, A.M. Budjukin; Pod red. d.t.n. I.A. Ivanova. – SPb.: PGUPS, 1995. – 124 s.

4. Vorob'jov A.A., Ivanov I.A., Kononov D.P., Tarapanov A.S. Analiz metodov vosstanovlenija profilja katanija kolesnyh par // Vestnik VNIIZhT. – 2011. – №3 – s. 34-38.

5. Nikitin S. V. Cel'nokatanye kolea povyshennogo kachestva i tverdosti: realii i budushhee // Vestnik instituta problem estestvennyh monopolij. Tehnika zheleznyh dorog. – 2011. – №2. – s. 19–20.

6. Torina Ja. Jekonomicheskij jeffekt tverdogo kolea//RZhD–Partner: Delovoj zhurnal Rossijskikh zheleznyh dorog. – SPb.: OM–Jekspress, 2009.–№10. – s. 100.

7. Potahov D. A. Ispolzovanie na podvizhnom sostave kolesnyh par povyshennoj tverdosti // Izvestija PGUPS. – 2013. – №1 (34) – s. 139-147

8. Vorob'jov A.A., Ivanov I.A., Kushner V.S., Krut'ko A.A. Razrabotka rekomendacij po rezhimam obrabotki kolesnyh par povyshennoj tverdosti // Transport Urala. – 2009.– №1 (21) – s. 48-51.

9. Resurs i remontoprigochnost' kolesnyh par podvizhnogo sostava zheleznyh dorog. Monografija / Pod red. prof. I.A. Ivanova. – М.: INFRA-M, 2011. – 264 s. – (Nauchnaja mysl').

10. Silin S.S. Metod podobija pri rezanii materialov. – М.: Mashinostroenie, 1979. – 152 s.

11. Reznikov A. N. Teplofizika processov mehanicheskoy obrabotki. – М.: Mashinostroenie, 1981. – 279 s.

12. Potahov D. A. Teplofizicheskij analiz processa vosstanovlenija profilja poverhnosti katanija kolesnyh par // Vestnik VNIIZhT. – 2013. – №3 – s. 11-16.

13. Vasin S.A., Vereshhaka A.S., Kushner B.C. Rezanie materialov: Termomechanicheskij podhod k sisteme vzaimosvjazej pri rezanii. – М.: Izd-vo MGTU im. N.Je. Baumana, 2001, – 448 s.

14. Vorob'jov A.A., Ivanov I.A., Kushner V.S., Krut'ko A.A. Razrabotka rekomendacij po rezhimam obrabotki kolesnyh par povyshennoj tverdosti // Transport Urala. – 2009.– №1 (21) – s. 48-51.

15. Lungu K. N. Linejnoe programmirovanie. Rukovodstvo k resheniju zadach. – М.: Fizmatlit, 2005. – 128 s.

16. Goranskij G. K. Raschet rezhimov rezanija pri pomoshhi jelektronno-vychislitel'nyh mashin.– Minsk.: Gosudarstvennoe izdatel'stvo BSSR, 1963. – 192 s.

17. Bogdanov A. F., Didenko V. V. Matematicheskaja model' stankooperacii // Konstrukcionno-tehnologicheskoe

obespechenie nadjozhnosti podvizhnogo sostava. Sb. nauchn. tr. – L.: LIIZhT, 1985. – s. 87-97.

18. Spravochnik tehnologa-mashinostroitelja. V 2-h t. / Pod red. A.G. Kosilovoj i R.K. Meshherjakova. – М.: Mashinostroenie, 1986. – 656 s.

19. Obshhemashinostroitel'nye normativy rezhimov rezanija: Spravochnik v 2-h t. / A.D. Loktev, I.F. Gushhin, V.A. Batuev i dr. – М.: Mashinostroenie, 1991. – 640 s.

Іванов І. А., Потахов Д. А., Урушев С. В. Варіанти оцінки режимів процесу відновлення суцільнокатаних коліс

У статті розглянуті деякі результати використання колісних пар підвищеної якості і твердості, передбачені новою редакцією ГОСТ 10791. Наведено статистичні дані з ефективності їх використання. Зроблена оцінка впливу твердості колісної сталі на режими відновлення профілю колеса на основі різних методів розрахунку з використанням теорії подібності, теплофізичного підходу, методів лінійного програмування і термомеханічного підходу.

Ключові слова: суцільнокатані колеса, різальний інструмент, відновлення поверхні кочення, твердість, режими процесу відновлення.

Ivanov I. A., Potakhov D. A., Urushev S. V. Variants of solid-rolled wheels recovery process modes evaluation

The article discusses some results of the use of wheel sets of high quality and hardness, provided by the new version of GOST 10791. It provides statistics on the effectiveness of their use. The evaluation is performed to determine the influence of the hardness of wheel steel on the wheel profile recovery modes, based on different methods of calculation using the theory of similarity, thermal approach, linear programming methods, and thermo-mechanical approach. It is noted that the use of new grades of wheel steels with improved physical and mechanical properties provided by GOST 10791-2011, would require the repair shops to reduce the cutting modes about 2-fold for the recovery of riding surface profile, compared to the cutting modes for conventional railroad wheels.

Keywords: solid wheels, cutting tools, restore the running surface, the hardness, the recovery mode.

Іванов І. А. – д.т.н., професор кафедри «Технологія металів», ПГУПС, Росія, e-mail: ivanov_1_7@mail.ru.

Потахов Д. А. – аспірант кафедри «Технологія металів», асистент кафедри «Автоматизоване проектування», ПГУПС, Росія, e-mail: demon_511@inbox.ru.

Урушев С. В. – д.т.н., професор, завідувач кафедри «Технологія металів», ПГУПС, Росія, e-mail: ktehmet@pgups.edu.

Рецензент: Чурков Н.А., д.т.н., проф.

Стаття подана 12.06.2013

УДК 629.4.027

АНАЛІЗ НАДІЙНОСТІ БУКСОВИХ ПІДШИПНИКІВ КРИТИХ ВАГОНІВ

Ільчишин В. М.

THE ANALYSIS OF RELIABILITY OF AXLEBOXES BEARINGS OF COVERED FREIGHT CARS

Pchishyn V.

Розглянуто результати обстеження технічного стану буксових вузлів критих вантажних вагонів власності ДП "Укррефтранс". Визначено основні пошкодження циліндричних роликів підшипників. Запропонована імовірнісна модель надійності циліндричних роликів підшипників. Виконаний порівняльний аналіз надійності буксових підшипників, що використовуються в різних типах гру-газових вагонів.

Ключові слова: циліндричний буксовий підшипник, відмова, надійність, середній строк служби, закон розподілу напруження.

Постановка проблеми. Забезпечення безпеки руху на залізницях України є пріоритетним напрямком у технічній політиці Державної адміністрації залізничного транспорту України. Враховуючи масовість парку вантажних вагонів, очевидно, що технічний стан їх елементів та безпеку руху безпосередньо пов'язані між собою.

Як свідчить аналіз причин випадків порушень безпеки у вагонному господарстві, значна частка відмов вагонів викликана відмовами роликів букс.

Буксовий вузол складається з багатьох елементів, але найбільш технологічним та відповідальним є роликівий підшипник. Для забезпечення надійної та безвідмовної роботи буксових вузлів вантажних вагонів з підшипниками кочення необхідно вивчити причини виникнення пошкоджень буксових підшипників, встановити різні експлуатаційні та інші фактори, що впливають на їх безаварійну роботу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема підвищення надійності елементів буксових вузлів розглядалася протягом останніх десятиліть в роботах В. М. Цюренко [10] та інших фахівців ВНІІЗТ [11]. Аналіз причин недостатньої надійності буксових вузлів вантажних вагонів

виконаний в статті [12]. В дослідженнях Б. Н. Покровського [13] вперше було поставлено питання визначення показників надійності залізничних циліндричних роликів підшипників в умовах знеособленої експлуатації. Окремо необхідно виділити дослідження, присвячені підвищенню надійності буксових вузлів вагонів, які виконувались на кафедрі "Вагони" УкрДАЗТ проф. Мартиновим І. Е. [14] та А. В. Труфа-новой [15].

Але у зазначених дослідженнях надійності підшипників кочення буксових вузлів вантажних вагонів не враховувались особливості експлуатації останніх. Згідно з вимогами "Інструкції...[16] ремонт колісних пар та буксових вузлів раніше був знеособлений, тобто вантажні вагони не мали власника і повна ревізія букс здійснювалась у будь-якому вагоноремонтному

підприємстві. Відповідно, після кожної повної ревізії проводилась нова комплектація буксових підшипників. В умовах сьогоденної експлуатації, коли ремонт вагонів не є знеособленим і відомі данні про умови експлуатації підшипників, стало можливим більш точно оцінити технічний стан та визначити надійність існуючої конструкції циліндричних підшипників буксових вузлів вантажних вагонів з урахуванням особливостей їх експлуатації.

Мета. Метою роботи є порівняльний аналіз надійності циліндричних буксових підшипників, що використовуються у буксах критих вантажних вагонів у порівнянні із надійністю циліндричних буксових підшипників, що використовуються у вантажних вагонах інших типів.

Результати досліджень. Для аналізу надійності буксових підшипників використовувалися дані ДП "Укррефтранс" за період з січня по серпень 2012 року. В якості джерела інформації використовувались журнали

форми ВУ-91, які ведуться в роликових відділеннях вагоноремонтних підприємств. В цих журналах указується позначення рік випуску підшипника, завод-виготовлювач і відповідні несправності згідно з вимогами нормативного документу "Класифікація..." [17].

Обсяг вибірки склад майже шістнадцять

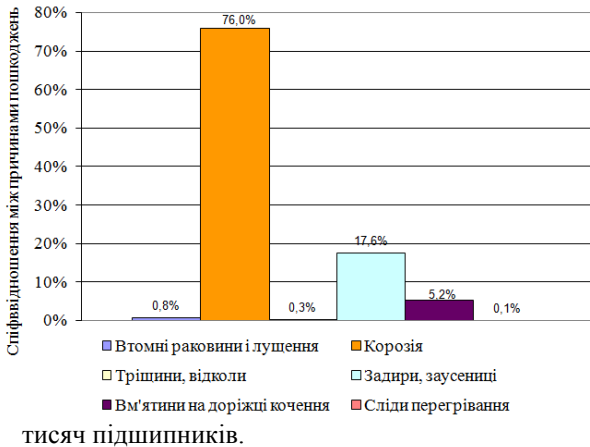


Рис. 1. Співвідношення між пошкодженими деталями підшипників

З метою отримання даних, придатних для подальшої статистичної обробки, всі несправності підшипників були умовно розділені на чотири групи:

- дефекти втомного походження (раковини, лушення на кільцях та роликах);
- корозійні пошкодження на кільцях та роликах (в тому числі і точкова корозія);
- дефекти раптового походження (злами, тріщини, відколи);
- пошкодження сепараторів.

В результаті обробки отриманої інформації встановлено, що 85% оглянутих підшипників мають пошкодження різного ступеня тяжкості, з яких 2% оглянутих підшипників не підлягають відновленню. Аналіз отриманих даних свідчить про те, що найбільш часто з ладу виходять зовнішні кільця - 70%. Підшипники виявляються несправними по причині виходу з ладу роликів - в 18% випадків несправності, а внутрішні кільця несправні у 12%. (рис. 1).

Слід зазначити, що пошкодження сепараторів були виключені з розгляду з двох причин:

- в циліндричних роликових підшипниках використовуються як латунні, так і поліамідні сепаратори;
- пошкодження сепараторів практично не впливають на довговічність від утоми самих підшипників.

Найбільш частою причиною несправності підшипників є корозія – 84,2% (рис. 2).

Отримані дані дають можливість оцінити фактичну довговічність підшипників.

Завдання ускладнюється тим, що експериментальні дані про відмови або їх відсутності достовірно відомі лише за деякі період часу, що безпосередньо передує обстеженню. Нам невідома передісторія експлуатації підшипників. Такі дані представляють собою специфічний випадок усікання вибірки зліва.

Цей тип експериментальних даних характерний саме для роликових буксових підшипників, оскільки технологія ремонту циліндричних роликових підшипників у колісно-роликових цехах вагоноремонтних підприємств передбачає демонтаж, обмивання та дефектоскопіювання окремо кільця та роликів. При наступному складанні кільця та роликів підбираються згідно з вимогами [16] випадковим чином. Тобто нам невідомі дані про попередні відмови підшипників.

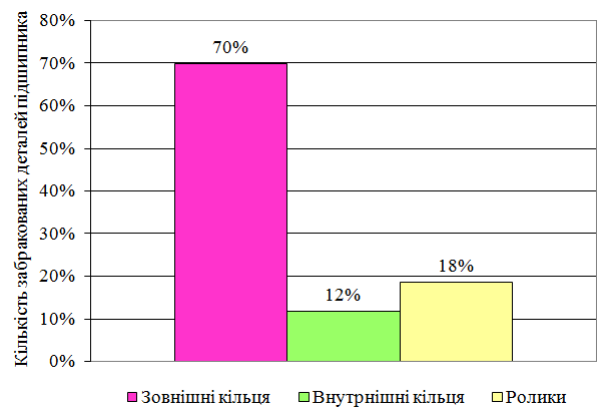


Рис. 2. Співвідношення між причинами пошкодження деталей підшипників

Для вирішення даного завдання використовувалася методика, викладена в роботі [18], яка одержала свій подальший розвиток стосовно залізничних буксових підшипників у дослідженні [19]. Згідно з даною методикою в процесі розв'язання відбувається відновлення даних шляхом розрахунку імовірності відмов підшипників у періоди, коли спостереження за ними не проводилося.

Припустимо, що ми маємо n однакових підшипників. Об'єкти достатньо високонадійні, тому імовірністю двох і більш відмов у період θ між проведенням контролю технічного стану можна нехтувати. Вважаємо, що огляд і можлива заміна підшипників здійснюється не частіше одного разу на рік.

Позначимо імовірність відмови підшипника за перший період роботи $(0,1)$ через p_1 , за другу $(1,2)$ - p_2 і т. д. (рис. 3).

Тоді для інтервалу $(m-1, m)$ імовірність відмови підшипника буде p_m . Кількість оглянутих за відповідний період підшипників позначимо як

v_i , а підшипників, що відмовили – m_i . За один (перший) період з імовірністю p_1 виникне відмова, а з імовірністю $1 - p_1$ – безвідмовне напрацювання.

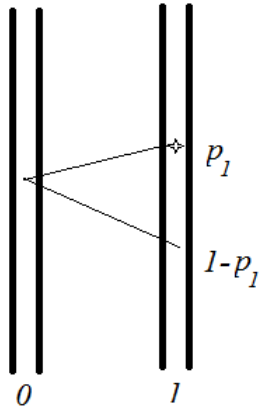


Рис. 3. Граф можливих станів буксового підшипника після першого інтервалу роботи

Відповідно до вихідних даних одержуємо

$$p_1 = \frac{m_1}{v_1} \tag{1}$$

З m_2 підшипників, що відмовили через два роки, $p_1 \cdot m_2$ відмовляли рік тому. Тому імовірність відмови підшипників у другий рік експлуатації можна визначити за такою формулою

$$p_2 = \frac{m_2 - p_1 \cdot m_2}{v_2} = \frac{m_2}{v_2} \cdot (1 - p_1) \tag{2}$$

Аналогічно для третього року експлуатації

$$p_3 = \frac{m_3 - p_1 \cdot m_3 - p_2 \cdot m_3}{v_3} = \frac{m_3}{v_3} \cdot (1 - p_1 - p_2) \tag{3}$$

Тоді у загальному випадку отримуємо:

$$p_i = \frac{m_i}{v_i} \cdot \sum_{k=1}^{i-1} p_k \tag{4}$$

Значення емпіричної функції розподілення розраховуються таким чином:

$$F(0) = 0, \tag{5}$$

$$F(1) = p_1, \tag{6}$$

$$F(2) = p_1 + p_2, \tag{7}$$

$$F(i) = \sum_{k=1}^{i-1} p_k \tag{8}$$

При проведенні розрахунків використовувались наступні припущення:

- буксові підшипники є високонадійними виробами та імовірністю виникнення двох або більше відмов у період між плановими повними ревізіями букс можна знехтувати;
- всі буксові підшипники мають різне напрацювання, яке встановлюється згідно з маркуванням на зовнішньому кільці підшипника;
- при проведенні розрахунків враховуються лише дані щодо відмов зовнішніх кілець, оскільки ролики взагалі не маркуються; кількість відмов внутрішніх кілець незначна і їй можна знехтувати.

Отримані результати представлені на рис. 4. За їх допомогою була визначена довговічність буксових підшипників. Відомо, що довговічність визначається як напрацювання, протягом якої не менше 90% підшипників повинні відпрацювати без появи ознак втомного викришування. У термінах теорії надійності це означає 90% γ -ресурс. В роботі [10] вказується, що для вантажних вагонів вона повинна складати не менше 1,5 млн. км (приблизно 15 років експлуатації). Однак ця умова не виконувалася і раніше (у вісімдесяти роки довговічність підшипників становила приблизно 9 років експлуатації). В дослідженні проф. І. Е. Мартинова було встановлено, що у 2000 році цей показник склав приблизно 4,5 роки експлуатації. Згідно проведеним розрахункам 90% γ -ресурс циліндричних буксових підшипників, що експлуатуються в критих вантажних вагонах, становить шість років (рис. 4).

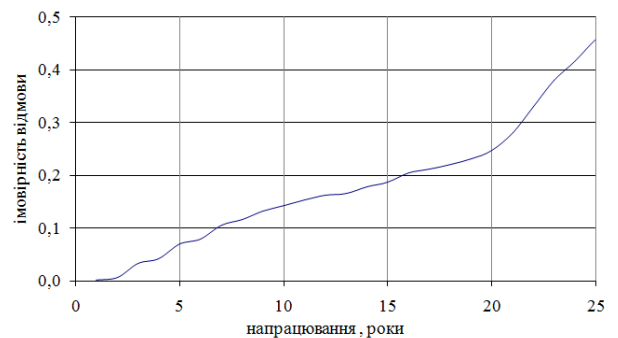


Рис. 4. Емпірична функція розподілення напрацювання до відмови буксових підшипників

Використовуючи отримані значення емпіричної функції, можна встановити закономірність напрацювання підшипників до відмови.

В ряді досліджень доведено, що для опису напрацювання буксових підшипників до відмови

можливо використання закону розподілення Вейбулла-Гнеденко у наступному вигляді:

$$F(t) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{t}{a}\right)^b\right), \quad (9)$$

де a – параметр масштабу;

b – параметр форми.

Оцінка параметрів розподілення виконувалась методом максимальної правдоподібності. В результаті отримані наступні значення

$$F(t) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{t}{1387}\right)^{3087}\right).$$

Висновки. 1. За результатами проведеного обстеження технічного стану циліндричних роликів підшипників букс критих вантажних вагонів. Встановлено, що 85% оглянутих підшипників мають пошкодження різного ступеня тяжкості, з яких 2% оглянутих підшипників не підлягають відновленню. Виходять з ладу в першу чергу зовнішні кільця підшипників.

2. Виконана оцінка довговічності буксових циліндричних підшипників. Особливістю обробки є те, експериментальні дані про відмови або їх відсутності достовірно відомі лише за деякі період часу, що безпосередньо передують обстеженню. При цьому використовувалась методика, згідно з якою в процесі розв'язання відбувається відновлення даних шляхом розрахунку імовірності відмов підшипників у періоди, коли спостереження за ними не проводилося.

3. Згідно проведеним розрахункам 90% γ -ресурс циліндричних буксових підшипників, що експлуатуються в критих вантажних вагонах, становить шість років. Для опису напрацювання буксових підшипників до відмови використано закон розподілення Вейбулла-Гнеденко. Визначені параметри цього закону.

Література

10. Цюренко В. Н. Надежность роликовых подшипников в буксах вагонов / В. Н. Цюренко, В. А. Петров – М.: Транспорт, 1982. – 96 с.

11. Костеева Т. Н. Работоспособность подшипников в буксах грузовых вагонов с нагрузкой от оси рельсы 250 кН / Т. Н. Костеева / Труды ВНИИЖТ. – М.: Транспорт, 1982. – Вып. 654. – С. 26-31.

12. Мотовилов К. В. Эксплуатационная надежность буксовых узлов вагонов / К. В. Мотовилов,

С. В. Перов, И. Э. Мартынов // Московский институт инженеров железнодорожного транспорта. Межвуз. сб. науч. тр. – М., 1988. – Вып. 804. – С. 92-99.

13. Покровский Б. Н. К постановке вопроса об оценке надежности подшипников качения букс вагонов / Б. Н. Покровский // Всесоюзный заочный институт инженеров транспорта. Сб. науч. тр. – М., 1978. – Вып. 97. – С. 41-49.

14. Мартынов И. Э. Анализ опыта эксплуатации цилиндрических роликоподшипников букс грузовых вагонов / И. Э. Мартынов // Вісник Східноукраїнського державного університету. – Луганськ, 2000. – №5 (27). – С. 157-159.

15. Труфанова А. В. До питання підвищення надійності роботи роликів букс / І. Е. Мартинов, А. В. Труфанова, М. К. Косован // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2006. – Вып. 79. – С. 103-108.

16. Інструкція з експлуатації та ремонту вагонних букс з роликівими підшипниками. – ЦВ-ЦЛ-0058. – К.: Укрзалізниця, 2004. – 158 с. – (Відомчий нормативний документ Державної адміністрації залізничного транспорту України).

17. Класифікація і каталог дефектів і пошкоджень підшипників кочення. – К.: Укрзалізниця, 2005. – 69 с. – (Відомчий нормативний документ Державної адміністрації залізничного транспорту України).

18. Надежность технических систем: Справочник / Ю.К. Беляев, В.А. Богатырев, В.В. Болотин [и др.] Под ред. И.А. Ушакова. – М.: Радио и связь, 1985. – 608 с.

19. Мартинов І. Е. Питання розрахунку довговічності буксових роликоподшипників / І. Е. Мартинов // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2000. – Вып. 44. – С. 76-79.

References

23. Curenko V.N. The reliability roller bearings in axle boxes of cars / V. N. Curenko, V. A. Petrov - M: Transport, 1982. - 96 p.

24. Kosteeva T. N. The performance of the bearings in the assigned a weight of freight cars with axial load rails 250 kN / T. N. Kosteeva / Scientific proceedings of VNIIZhT. - M: Transport, 1982. - Vol. 654. - P. 26-31.

25. Motovilov K. V. Operational reliability axle boxes of wagons / K. V. Motovilov, S. V. Perov, I. E. Martynov // Moscow: MIIT, 1988. - Vol. 804. - P. 92-99.

26. Pokrovsky B. N. To the question about the estimation of the reliability of rolling bearings cars / B. N. Pokrovsky // - Moscow: VZIIT, 1978. - Vol. 97. - P. 41-49.

27. Martynov, I. E. Analysis of operating experience cylinder-рических roller bearings of axle box of freight cars / I. E. Martynov // Bulletin of the East-Ukrainian state University. - Lugansk, 2000. - №5 (27). - P. 157-159.

28. Trufanova A. V. To the question of increase of reliability of work of the roller axle box / I. E. Martynov, A. V. Trufanova, M. K. Kosovan // Interuniversity

collection of scientific works. - Kharkov: Укрґажт KART, 2006. - Vol. 79. - P. 103-108.

29. Operation and repair of the railway axle box with roller bearings. - CV-CL-0058. - К.: Ukrzaliznytsya, 2004. - P. 158. - (Departmental normative document of the State administration of railway transport of Ukraine)

30. Classification and directory defects and damages of roller bearings. - К.: Ukrzaliznytsya, 2005. - P. 69 - (Departmental normative document of the State administration of railway transport of Ukraine).

31. Reliability of engineering systems: Handbook / Y. K. Belyaev, V.A. Bogatyrev, V. V. Bolotin [and other]. Edited by I.A. Ushakov. - Moscow: Radio and communication, 1985. - 608 p.

32. Martynov, I. E. The questions of the calculation of durability of axle box bearings / I. E. Martynov // Interuniversity collection of scientific works. - Kharkov: KART, 2000. - Vol. 44. - P. 76-79.

Ильчишин В. М. АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ БУКСОВЫХ ПОДШИПНИКОВ КРЫТЫХ ВАГОНОВ

Рассмотрены результаты обследования технического состояния буксовых узлов крытых грузовых вагонов собственности ГП "Укррефтранс". Определены основные повреждения цилиндрических роликовых подшипников. Предложена вероятностная модель надежности цилиндрических роликовых подшипников. Выполнен сравнительный анализ надежности буксовых подшипников, используемых в различных типах грузовых вагонов.

Ключевые слова: *цилиндрический буксовый подшипник, отказ, надежность, средний срок службы, закон распределения наработки.*

Ichishyn V. THE ANALYSIS OF RELIABILITY OF AXLEBOXES BEARINGS OF COVERED FREIGHT CARS

Based on the results of the inspection of the technical state of the cylindrical roller bearings of the axle boxes of covered freight cars. Mouth-set that 85% of those examined bearings have injuries of varying severity, of which 2% examined bearings are not subject to restoration. Fail primarily bearing outer ring.

The estimation of durability of axlebox cylindrical bearings. A specific feature is experimental data on failures or lack of know only for some period of time immediately preceding the survey. When this technique was used, according to which in the process of decision occurs restoring data by calculating the probability of bearing failures in the periods when the observation was not conducted.

According to the calculations of 90% γ -resource axlebox cylindrical bearings used in covered wagons, is six years. To describe the achievements of axlebox bearings used to failure law of the distribution Weibull-Gnedenko. Settings are defined in this law.

Keywords: *cylindrical roller bearing, failure, reliability, average service life, the law of distribution of an operating time.*

Ильчишин В. М. – директор Державного підприємства "Український державний центр залізничних рефрижераторних перевезень", здобувач кафедри Вагони, УкрДАЗТ, м. Харків, Україна, e-mail: osna2030@gmail.com.

Рецензент: Будіков Л.Я., д.т.н., проф.

Стаття подана 19.08.2013

УДК 656.136

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ ДВИЖЕНИЯ БОЛЬШЕГРУЗНЫХ АВТОПОЕЗДОВ НА ПЕРЕВОЗКАХ МЕТАЛЛОПРОДУКЦИИ

Жилинков А.А.

MODELLING OF MODES OF MOVEMENT OF HEAVY-LOAD ROAD TRAINS ON STEEL PRODUCTS TRANSPORTATIONS

Zhilinkov A.

В статье рассмотрены вопросы моделирования и оптимизации режимов движения большегрузных автопоездов на перевозках металлопродукции. Перевозки осуществляются в условиях городской сети. Представлены результаты экспериментальных исследований по определению динамических нагрузок в несущих системах. Приведены экспериментальные зависимости параметров скоростного режима от параметров дорожных условий. Экспериментальные кривые аппроксимированы. Получены уравнения, которые приняты в основу оптимизации. Разработан алгоритм оптимизации скоростных режимов движения. Предложена оптимизационная модель скоростного режима.

Ключевые слова: большегрузный автопоезд, перевозка металлопродукции, несущая система, напряженно-деформированное состояние, скоростной режим движения

Постановка проблемы. В последние годы в регионах Украины, тяготеющих к морским портам, сложилась система перевозок экспортной металлопродукции, в которой значительное место занимает автомобильный транспорт.

При использовании автомобильного транспорта перевозка металлопродукции (слябов, стальных рулонов, листа в пачках и др.) осуществляется большегрузными автомобильными поездами (БАП) грузоподъемностью 25-30 т, состоящими из трехосных седельных тягачей и двух- либо трехосных полуприцепов различных моделей. В целом ряде случаев автомобильные перевозки осуществляются по дорогам городской сети.

Автомобильный транспорт на рассматриваемых перевозках используется с высокими технико-эксплуатационными и экономическими показателями. В современных условиях применение автотранспорта на перевозках

металлопродукции является более экономически выгодными, чем железнодорожного.

Интенсивная эксплуатация в рассматриваемых условиях приводит к преждевременному (через 1-2 года) износу несущей системы (рамы) автопоездов, что увеличивает внеплановые простои и требует дополнительных трудовых и материальных затрат на ремонты. В результате существенно снижаются технико-эксплуатационные и технико-экономические показатели парка автопоездов.

Предварительная оценка показателей надежности позволила установить, что в рассматриваемых условиях, в связи с несоответствием конструктивных параметров подвижного состава и скоростного режима движения условиям перевозок, в несущих системах автопоездов возникают значительные динамические нагрузки, превышающие предельные значения. Это приводит к снижению уровня эксплуатационной готовности, производительности автопоездов и значительным производственным потерям. Без решения рассматриваемой проблемы преимущества автомобильного транспорта на перевозках экспортной металлопродукции будут утрачены [1].

Анализ последних исследований и публикаций. Научные работы и публикации последних лет авторов О. А. Бейгула, В. А. Буцынского, П. Д. Павленко, В.Ф. Бабкова, А.П. Васильева и др. посвящены исследованиям прочностных характеристик несущих систем различных автотранспортных средств и направлены на совершенствование их конструкции и улучшение эксплуатационных свойств, а также моделирования скоростных параметров по критериям безопасности дорожного движения.

Вопросы оптимизации скоростных режимов движения БАП на рассматриваемых перевозках по

критерию допустимой нагрузки в несущей системе в литературе не освещены и не рассматривались.

Цель. Моделирование скоростных режимов движения БАП на перевозках металлопродукции в сложных условиях городских дорог.

Результаты исследований. Рассматриваемые перевозки металлопродукции характеризуются повышенными нагрузками (масса груза достигает 30 т), высокой интенсивностью (суточный объем работы до 240 тонн, 8 ездов с пробегом до 350 км), сложными дорожными условиями (при длине маршрута 20-25 км на один грузёный рейс продолжительностью 35-40 мин. приходится в среднем до 58 поворотов, 77 торможений и разгонов, 22 остановок, 180 переключений передач) [1].

Установлено, что вопросы повышения эффективности автомобильных перевозок металлопродукции с использованием БАП существующих типов в первую очередь, связаны с необходимостью обеспечения их эксплуатационной готовности, уровень которой определяется степенью приспособленности конструкции автопоездов к условиям перевозок металлопродукции [2].

Общая оценка факторного пространства показала, что условия эксплуатации большегрузных автопоездов в системе внешних перевозок металлопродукции существенно отличаются от обычных условий по многим параметрам. На эффективность эксплуатации подвижного состава оказывают наибольшее влияние следующие факторы: режимы движения, дорожные условия, схема размещения груза на подвижном составе, конструктивные особенности подвижного состава, условия и технология выполнения грузовых операций, параметры и свойства груза.

В формировании показателей эксплуатационной готовности (γ - коэффициент использования грузоподъемности и α_T - коэффициент технической готовности парка) доминирующую роль играет нагрузочный режим несущей системы автопоездов, который в свою очередь определяется скоростными режимами движения подвижного состава (см. рис. 1).

Оптимизация режимов движения и установление требуемых величин скорости (V), применительно к сложным дорожным условиям (D), позволит снизить величину динамических нагрузок ($P_{дин}$) и напряжений ($\sigma_{дин}$) в несущих системах БАП, уменьшить частоту возникновения переменных нагрузок, превышающих допустимый предел, а также интенсивность накопления усталостных повреждений.

Моделирование режимов движения большегрузных автопоездов выполнено в два этапа. На первом этапе выполнена оценка напряженно-деформированного состояния несущей системы БАП при перевозке металлопродукции в сложных дорожных условиях. На следующем этапе установлены зависимости параметров скоростного

режима от величины динамических нагрузок в увязке с параметрами дорожных условий.

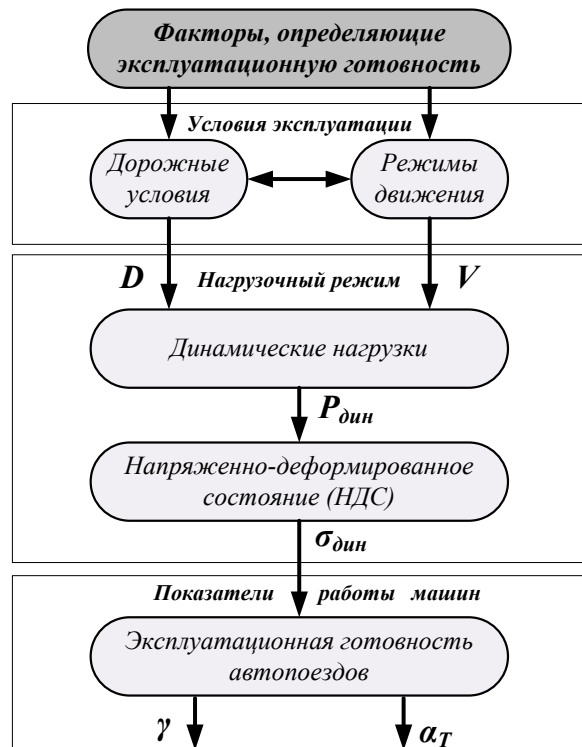


Рис. 1. Структурная схема формирования показателей эксплуатационной готовности большегрузных автопоездов

Для проведения экспериментальных исследований по определению динамических нагрузок выбран электротензометрический метод, который реализован с помощью специальной информационно-измерительной системы (ИИС). При выполнении замеров БАП двигался в грузеном состоянии с номинальной нагрузкой (26 т) по одному из маршрутов перевозок в городских условиях [3].

Величину динамических нагрузок целесообразно характеризовать коэффициентом динамичности, который определяется из выражения:

$$K_D = \frac{\sigma_d}{\sigma_{ст}}, \quad (1)$$

где σ_d - величина динамических напряжений, МПа;

$\sigma_{ст}$ - величина статических напряжений, МПа.

По данным литературных источников [4], значение K_D должно находиться в пределах 2,0÷3,0.

Превышение значений коэффициента K_D соответствует недопустимому уровню динамических нагрузок, под воздействием которых создаются предпосылки для появления отказов в несущей системе.

На рис. 2 приведены линейные графики усредненных значений коэффициентов динамичности K_D на участках маршрута перевозки.

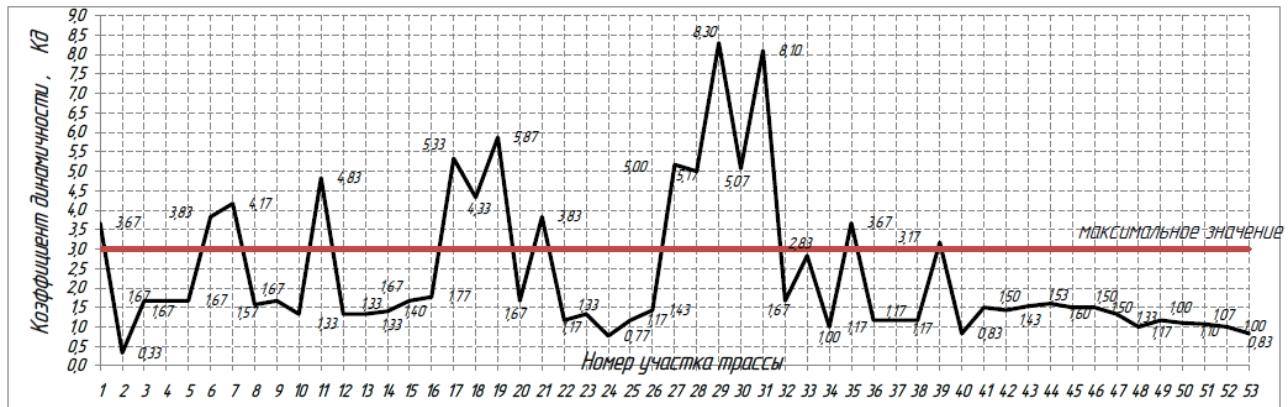


Рис. 2. Линейный график средних значений коэффициентов динамичности на участках трассы

Анализом экспериментальных данных и дорожных условий установлено (рис.1), что наибольшее влияние на величину динамических нагрузок оказывают план трассы (параметры кривых) и параметры, характеризующие состояние и степень изношенности дорожного полотна (ровность и дефектность покрытия).

С учетом полученных экспериментальных данных, для оценки дорожных условий по динамической нагрузке, действующей на элементы несущей системы БАП, принимаем следующие критерии:

- по параметрам кривых – радиус кривой R , м;
- по ровности дорожного покрытия – величина (высота) неровности S , мм;
- по дефектности дорожного покрытия – величина (высота) дефекта d , мм;
- по динамической нагрузке – величина коэффициента динамичности K_d ;
- по режиму движения – скорость движения автопоезда, V , км/ч.

Следующий этап исследования – установление функциональных зависимостей величин динамических нагрузок по указанным критериям дорожных условий при различных скоростных режимах.

В основу анализа положены данные по динамическим нагрузкам на различных участках маршрута перевозки, полученные при проведении экспериментальных исследований, которые были сгруппированы по критериям дорожных условий.

Для количественной оценки указанных критериев требуется сопоставить фактическую величину соответствующего показателя дорожных условий с допустимым значением. Допустимым следует считать значение, при котором величина напряжений и коэффициента динамичности соответствуют требуемому уровню, а значение основного показателя режима движения – скорости будет соответствовать допустимому пределу по динамической нагрузке.

Степень ровности дорожного покрытия характеризуется коэффициентом ровности и определяется по формуле:

$$K_S = \frac{S_d}{S_\phi}, \quad (2)$$

где S_d, S_ϕ – высоты неровностей дорожного покрытия автодороги, допустимое и фактическое значения соответственно, мм;

Коэффициент дефектности дорожного покрытия:

$$K_f = \frac{d_d}{d_\phi}, \quad (3)$$

где d_d, d_ϕ – допустимое и фактическое значения дефектности дорожного покрытия соответственно, мм;

Коэффициент, учитывающий радиус горизонтальной кривой, м:

$$K_R = \frac{r_d}{r_\phi}, \quad (4)$$

где r_d, r_ϕ – допустимое и фактическое значения радиуса горизонтальной кривой соответственно.

Величина скорости, как критерий режима движения, в значительной степени зависит от квалификации и психофизиологических особенностей водителя, с одной стороны, а также от дорожных условий (радиуса горизонтальной кривой (R), степени ровности (S) и дефектности дорожного покрытия (d)) - с другой.

Скорость движения является функцией параметров дорожных условий, то есть:

$$V = f(d, S, R) \text{ или } V = f(K_f, K_s, K_r). \quad (7)$$

С учётом выражений (2 - 4), можно записать:

$$V_{\text{онм}} = f(d, S, R) \text{ или } V_{\text{онм}} = f(K_f, K_s, K_r). \quad (8)$$

В ходе проведения экспериментальных исследований и обработки результатов получены эмпирические зависимости скорости движения $V_{\text{онм}}$ от величин неровностей S и дефектов

дорожного покриття d , а также от радиуса горизонтальной кривой R (рис. 3).

Эмпирические кривые (рис. 3) указывают, во-первых, на адекватность полученных результатов, а во-вторых, на более низкий диапазон допустимых скоростей движения при увеличении износа дорожного покрытия.

В основу разработки оптимальных режимов движения положено регулирование скоростного режима (установление допустимой скорости) на каждом участке маршрута для предотвращения динамических перегрузок в несущей системе пропорционально степени сложности дорожных условий.

В основу разработки взят метод корректирующих коэффициентов. В качестве коэффициентов приняты показатели, определяемые по выражениям (2-4):

$$V_{opt} = f[\min\{K_f, K_S, K_r\}] \quad (9)$$

Целевая функция нахождения оптимальной скорости на i -ом участке маршрута можно представить выражением, которое будет иметь вид:

$$V_{opt_i} = f\{\min[K_{f_i}, K_{S_i}, K_{r_i}]\} = f(K_{эки}) \quad (10)$$

при ограничениях:

$$\left. \begin{aligned} V_i &= V_{дон}, \text{ при } K_{эки} \geq 1,0 \\ V_i &= V_{opt}, \text{ при } K_{эки} < 1,0 \\ K_{эки} &= 1,0, \text{ при } \sigma_{\delta_j} \leq \sigma_{\delta}^{max}, \text{ и } K_{\delta_j} \leq K_{\delta}^{max} (j = 1, \bar{n}) \\ K_{\delta}^{max} &= 2,5 \div 3,0 \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

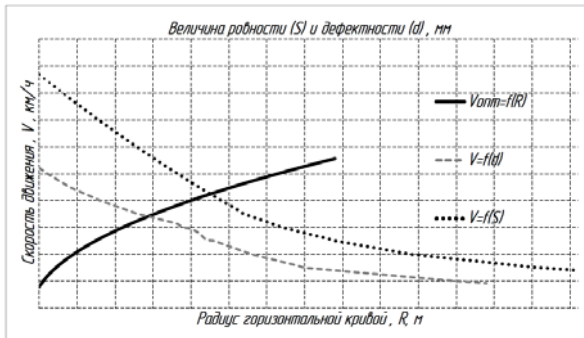


Рис. 3. Зависимость скорости движения автопоездов от величин неровности и дефектности

Оптимальный скоростной режим на всех участках трассы определяется путём нахождения i -х значений величин оптимальной скорости по эквивалентному показателю (коэффициенту) дорожных условий $K_{эки}$ на всех n участках.

Зависимости, показанные на рис. 3, были аппроксимированы, уравнения и достоверность аппроксимации приведены в табл. 1.

При проведении замеров определен массив данных по напряжениям и выполнены расчеты усредненных коэффициентов динамичности, линейный график которых показан на рис. 4.

Таблица 1

Уравнения кривых, устанавливающих зависимость скоростного режима от параметров дорожных условий

Показатели (параметры) дорожных условий	Уравнение и достоверность аппроксимации
Радиус горизонтальной кривой, м	$y = 8,1562x^{20,5218}$ $R^2 = 0,9998$
Величина неровности, м	$y = 0,0188x^2 - 2,3388x + 88,449$ $R^2 = 0,9959$
Величина дефектности, м	$y = 0,0123x^2 - 1,4551x + 52,848$ $R^2 = 0,9953$

С учетом полученных уравнений модель для определения скоростного режима принимает вид:

$$V_{opt_i} = \min \{y_i = ax_i^2, y_i = ax_i^2 - bx_i + c\} \quad 12$$

Для проверки правильности полученных результатов по определению допустимых скоростных режимов проведен заключительный этап экспериментальных исследований. С этой целью выполнено несколько экспериментальных заездов БАП с измерительной аппаратурой. Скоростной режим движения БАП с номинальной нагрузкой корректировался на базовом маршруте согласно параметрам, полученным по результатам моделирования (рис. 4).

Как видно из рис. 4, только на двух участках трассы (№29 и №31) имеются незначительные превышения (на 3-5%) коэффициента динамичности.

Анализ экспериментальных данных показал, что оптимизированный скоростной режим БАП имеет 3 основных диапазона по неровности, дефектности и радиусу горизонтальной кривой:

- для наиболее сложных участков (18, 20, 24, 27-31, 38, 40) с максимальными значениями параметров дорожных условий – 8-15 км/ч;
- для участков со средними значениями параметров дорожных условий (6, 7, 11, 17, 19, 27, 35, 39, 44, 47, 49) – 15-30 км/ч;
- для участков с наименьшими параметрами дорожных условий (2-5, 8-10, 22, 23, 32-34, 32-34, 37, 41-43, 45, 46, 48, 50-53) – 30-40 км/ч.

Результаты экспериментальных исследований заключительного этапа, представленные на рис. 4, подтвердили соответствие оптимальных параметров режимов движения допустимому уровню динамических нагрузок, а также адекватность и объективность разработанного метода.

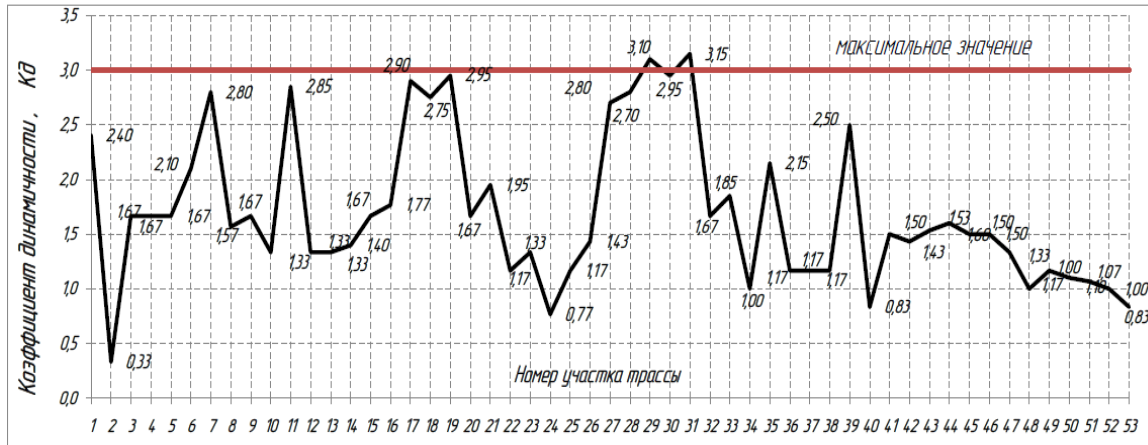


Рис. 4. Линейные графики параметров при движении БАП по предложенным скоростным режимам: а – коэффициентов динамичности; б – средних значений скорости

Выводы. 1. Экспериментальными исследованиями установлено, что параметры скоростного режима движения большегрузных автопоездов на перевозках металлопродукции зависят главным образом от параметров дорожных условий, которые характеризуются радиусом горизонтальной кривой, ровностью и дефектностью дорожного покрытия.

2. Уравнения, устанавливающие взаимосвязь критериев скоростного режима, дорожных условий и допустимых динамических нагрузок, получены на основе экспериментальных зависимостей.

3. Динамические нагрузки по оптимизированным режимам движения установлены с помощью предложенной модели. Сравнение полученных данных с существующими показателями подтверждает, что установленные скоростные режимы в полной мере обеспечивают заданные уровни эксплуатационной готовности БАП, и их высокопроизводительную и экономичную эксплуатацию.

Л и т е р а т у р а

1. Парунакян В.Э. Оценка работоспособности серийных автопоездов на внешних перевозках металлопродукции / В.Э. Парунакян, А.А. Жилинков // Межвузовский сборник научных трудов «Защита металлургических машин от поломок» – Мариуполь, 2008. – Вып. № 10. – С. 220 – 226.

2. Парунакян В.Э. К вопросу повышения эксплуатационной готовности большегрузных автопоездов на перевозках металлопродукции / В.Э. Парунакян, А.А. Жилинков // Вісник Приазов. держ. техн. ун-ту. Сер.: Технічні науки: Зб. наук. пр. – Мариуполь: ДВНЗ «Приаз. держ. техн. ун-т», 2011. –

Вип. № 2(23). – С. 277 – 282.

3. Жилинков А.А. Методика экспериментальных исследований процессов деформации несущей системы автопоездов при перевозке металлопродукции / А.А. Жилинков, В.Э. Парунакян // Вісник Приазов. держ. техн. ун-ту/ Сер.: Технічні науки: Зб. наук. пр. – Мариуполь: ДВНЗ «Приаз. держ. техн. ун-т», 2009. – Вип. № 19. – С. 256-260.

4. Оsepчугов В. В. Анализ конструкций, элементы расчета: Учебник для студентов вузов по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство» / В.В. Оsepчугов, А.К. Фрумкин. – М.: Машиностроение, 1989. – 304 с.

References

1. Parunakyan V.E. Otsenka rabotosposobnosti seriynykh avtopoezdov na vneshnih perevozkah metalloproduksii / V.E. Parunakyan, A.A. Zhilinkov // Mezhevuzovskiy sbornik nauchnykh trudov «Zaschita metallurgicheskikh mashin ot polomok» – Mariupol, 2008. – Vip. № 10. – P. 220 – 226.

2. Parunakyan V.E. K voprosu povyisheniya ekspluatatsion-noy gotovnosti bolshegruznykh avtopoezdov na perevozkah metalloproduksii / V.E. Parunakyan, A.A. Zhi-linkov // VIsnik Priazov. derzh. tehn. un-tu. Ser.: TehnIchnI nauki: Zb. nauk. pr. – Mariupol: DVNZ «Priaz. derzh. tehn. un-t», 2011. – Vip. № 2(23). – P. 277 – 282.

3. Zhilinkov A.A. Metodika eksperimentalnykh issledovaniy protsessov deformatsii nesushey sistemyi avtopoezdov pri perevozke metalloproduksii / A.A. Zhilinkov, V.E. Parunakyan // VIsnik Priazov. derzh. tehn. un-tu/ Ser.: TehnIchnI nauki: Zb. nauk. pr. – Mari-upol: DVNZ «Priaz. derzh. tehn. un-t», 2009. – Vip. № 19. – P. 256-260.

4. Osepchugov V. V. Analiz konstruksiy, elementy rascheta: Uchebnik dlya studentov vuzov po spetsialnosti «Avtomobili i avtomobilnoe hozyaystvo» / V.V.

Osepchugov, A.K. Frumkin. – M.: Mashinostroenie, 1989. – 304 p.

Жилінков О.О. Моделювання режимів руху великовантажних автопоїздів на перевезеннях металопродукції

У статті розглянуто питання моделювання і оптимізації режимів руху великовантажних автопоїздів на перевезеннях металопродукції. Перевезення здійснюються в умовах міської мережі. Представлено результати експериментальних досліджень з визначення динамічних навантажень в несучих системах. Наведені експериментальні залежності параметрів швидкісного режиму від параметрів дорожніх умов. Експериментальні криві апроксимовані. Отримано рівняння, прийняті в основу оптимізації. Розроблений алгоритм оптимізації швидкісних режимів руху. Запропонована оптимізаційна модель швидкісного режиму.

Ключові слова: великовантажний автопоїзд, перевезення металопродукції, несуча система, напружено-деформований стан, швидкісний режим.

Zhilinkov A. Modelling of modes of movement of heavy-load road trains on steel products transportations

In the article the questions of design and onmunitization modes of motion of heavy lorry convoys are considered on transportations of metalloproduction. Transportations come true in the conditions of municipal network. The results of experimental researches are presented on determination of the dynamic loading in the bearing systems. Experimental dependences over of parameters of the speed mode are brought on the parameters of travelling terms. Experimental curves are approximated. Equalizations that is accepted in basis of optimization are got. The algorithm of optimization of the speed modes of motion is worked out. The optimization model of the speed mode is offered.

Keywords: heavy lorry convoy, transportation of metalloproduction, bearing system, tensely-deformed state, speed mode

Жилинков А.А. – старший преподаватель кафедры промышленного транспорта, ГБУЗ «ПГТУ», г. Мариуполь, Украина, e-mail: gilik75@rambler.ru.

Рецензент: Парунакян В.Э., д.т.н., проф.

Статья подана 01.07.2013

УДК 656.02

ФОРМУВАННЯ І ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМ ІНДУСТРІАЛЬНОГО МІСТА

Майорова І.М.

FORMING AND FUNCTIONING OF TRANSPORT-LOGISTIC SYSTEMS OF INDUSTRIAL CITY

Mayorova I.N.

У статті узагальнено результати дослідження щодо формування і функціонування транспортно-логістичних систем індустріального міста на прикладі міста Маріуполь Донецької області. Досліджено сучасну роль логістики в управлінні індустріальним містом, проведено систематизацію і класифікацію логістичних систем відповідно до ринків, які вони обслуговують, та розглянуто підходи до моделювання процесів в міських транспортно-логістичних системах. В статті запропоновано показники ефективності та якості логістичного управління мікрологістичними системами.

Ключові слова: міська логістика, транспортна система, муніципальне об'єднання, споживачі послуг, ринки, індустріальне місто, суспільно-господарські комплекси міста.

Постановка проблеми. Одним з актуальних питань, що потребує постійної уваги як державних, регіональних, так і муніципальних органів влади, безсумнівно, є питання управління розвитком регіонів і міст. Процес становлення ринкових відносин потребує комплексного вирішення економічних, виробничих, екологічних і соціальних проблем розвитку, розміщення і функціонування виробничих сил і муніципалітетів. Саме в умовах формування ринкових відносин та відмови від директивного централізованого управління гостро постають питання забезпечення ефективного економічного і соціального розвитку муніципальних об'єднань, наприклад, таких індустріальних міст, як Маріуполь Донецької області. Для вирішення проблем щодо управління соціальним, економічним, промисловим, технічним, інфраструктурним розвитком регіонів та місцевих утворень необхідно зайти нові сучасні форми

організації та функціонування виробничих комплексів і муніципальних об'єднань, які б сприяли їхньому подальшому розвитку. Таким підходом може стати впровадження концепції та методології логістики, яка може бути застосована для трансформації та адаптації економічних систем різного рівня.

Об'єктивна необхідність розповсюдження та застосування інструментів логістики для вирішення завдань регіонального і муніципального розвитку в Україні в умовах перебудови ринкової економіки і економічної кризи визначається не лише світовою практикою, але й тим фактом, що такий підхід є ефективним саме в країнах з перехідною економікою. Удосконалення існуючої системи управління муніципальним розвитком за допомогою логістики дозволяє знайти резерви в організації і функціонуванні процесів транспортування і товароруху, які будуть компенсувати додаткові витрати на задоволення зростаючих вимог споживачів та підвищення рівня їхнього обслуговування, підвищувати рівень добробуту мешканців індустріальних міст.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблеми розвитку українських міст і регіонів складні і багатопланові. Саме тому різноманітні аспекти цієї проблематики висвітлені у наукових працях іноземних і вітчизняних вчених з економічних питань: О. Амоші, В. Беседіна, П. Бубенко, Б. Буркінського, В. Василенка, В. Геєця, В. Губенко, М. Долішнього, В. Мамотова, Л. Савельєва, Д. Стеченко, В. Столярова, Н. Чумаченко; з містобудівних питань М.М. Дьоміна, Ю.В. Ігнатєва, Є.Є. Ключниченка, Є.П.

Самойлюка, А.В. Сигаєва, А.Є. Страментова, Ю.О. Ставничого, В.В. Шештокаса. В наукових роботах вказаних авторів теоретично обґрунтовано підходи до організації управління виробничими комплексами та системами, які сприяють розвитку територій і міст.

Велике значення для дослідження проблеми мають роботи закордонних дослідників: А. Гарсія-Діас, Д. Дрю, О. Оре, Х. Іносе, П. Клафі, Т.Метсона, В.У. Ренкіна, В. Сміта, С. Халберта, Ф. Хейта, Д. Філіпса, Г. Фелленберга та інших. Саме транспортно-логістичні системи дозволяють забезпечити комплексне вирішення проблеми швидкого реагування суспільства на ринкові зміни і покращувати транспортну і соціальну ситуації в містах. Виключна актуальність питань теоретичного обґрунтування впровадження концепції логістики в систему правління розвитком індустріального міста й розробка практичних рекомендацій щодо формування і функціонування транспортно-логістичних систем муніципального об'єднання з подальшим обов'язковим узгодженням їх з ресурсами і можливостями місцевих ринків, з одного боку, та недостатнє розроблення цих проблем в теоретико-методологічному і практичному планах, а також з врахуванням територіальних чинників і муніципальних особливостей з іншого – обумовили мету, та завдання проведення такого дослідження.

Результати дослідження. Наукова думка вказує на прямий зв'язок між формуванням і функціонуванням транспортно-логістичних систем та функціонуванням територіальних ринків і муніципальних об'єднань, тобто міст. Слід сказати, що розробка теорій з питань організації і функціонування індустріальних міст велася у міру розвитку шкіл та напрямів, починаючи з основ теорії розміщення виробництва та сфери послуг на початку XIX століття та закінчуючи розробкою концепцій геомаркетингу та індустріальної [1,2,3].

Основи теорії розміщення виробництва та сфери послуг заклалися за часів інтенсивної концентрації та централізації капіталу в промисловості та зростанні економічної могутності монополій. Заміщення вільної конкуренції пануванням монополій на світовому ринку спричинили зміни економічних відносин, процесів відтворення капіталу і особливо вплинули на розвиток сфери обігу. Найбільший вплив на системи територіального розвитку зробила економічна криза 70-х років XIX століття. Цей період ознаменувався науковими дослідженнями систем ринкового обігу товарів з

потребами збуту промисловості та сільського господарства. Наукові роботи, які з'явилися у цей час, досліджували і пропонували різні засоби реорганізації сфери обігу як на національному, так і регіональному рівнях. В практичних частинах наукових розробок було запропоновано побудову регіональних ринкових структур для обслуговування процесу товароруху. Так, Е. Аткинсон обґрунтував положення про те, що в умовах надвиробництва та загострення проблеми із збутом необхідно створювати регіональні торговельно-розподільчі центри та збутові агенції в межах промислових монопольних об'єднань, регіональні фірми по складуванню, сортуванню та пакуванню товарів, агенції по збуту та аналізу інформації на регіональних ринках [4, с. 26]

Д. Уелд пропонував різні варіанти раціоналізації системи товароруху, зменшення її ланок, прискорення обертання товарів — заходи, які допомогли би полегшити реалізацію на територіальних і муніципальних ринках [5].

Аналіз цих робіт дозволяє зробити такі висновки:

по-перше, на визначеному етапі історичного розвитку досягнутий рівень територіального розподілення праці призвів до необхідності виділення територіальних ринків як відносно самостійних систем ринкової економіки, які сьогодні можна віднести до логістичних систем;

по-друге, загострення проблеми збуту в економіці обумовило зацікавленість економістів до дослідження проблем просторових організацій територіальних ринків та розміщення підприємств, які обслуговують ринкові процеси.

В існуючій повсякденності неможливо не врахувати інтернаціоналізацію виробничої, торговельно-посередницької, фінансово-кредитної, інформаційної діяльності, які закономірно приводять до того, що практично всі території і міста залучені до глобальних економічних відносин з наступним процесом розбудови багатобічних зв'язків між територіями, підприємствами, містами і муніципальними ринками. Як показує практичний досвід, сьогодні жодне підприємство самостійно не може створити ефективну систему логістики, для цього необхідне залучення спільної взаємодії двох, або навіть, і більше підприємств. Конкретний регіон може досягти найбільших результатів за умов активної участі в територіальному розподіленні праці та розвитку на його основі раціональних торговельно-економічних зв'язків як з партнерами всередині регіону, так і з зовнішнім середовищем. Сучасна економіка регіонів характеризується високим ступенем відкритості, посиленням

взаємопов'язаності та взаємозалежності територіальних об'єднань.

Рівень та інтенсивність територіального виробництва визначають такі важливі процеси, як формування ринку товарів та послуг, функціонування ринку праці, формування доходів та платоспроможного попиту населення, фінансово-економічне становище підприємств, наповнення місцевого бюджету та соціальних фондів. Механізм функціонування ринку засобів виробництва на певній території засновується, з одного боку, на тій структурі виробництва та економічних можливостях місцевих підприємств, які вже склалися, а з іншого – на ефективності господарських зв'язків як всередині регіону, так і за його межами. Важливе значення для функціонування території мають транспортно-логістичні системи, характерними особливостями яких виступають:

висока залежність промисловості від паливно-енергетичних ресурсів;

посилення дефіциту на продукцію паливно-енергетичної галузі;

високий рівень зношення основних фондів;

різке зменшення інвестицій та амортизаційних відрахувань на відтворюючі цілі;

потенційно висока ємність територіальних ринків і на цьому фоні зменшення числа покупців та споживачів промислової продукції через зниження платоспроможного попиту, неплатежів та інших проблем;

значна відкритість муніципальних ринків для імпорту продукції з інших міст і регіонів країни, країн СНД та далекого зарубіжжя;

тривалий процес формування ринкової системи матеріально-технічного забезпечення та організації міжрегіональних товарних потоків.

Особливо слід визначити на функціонування і організацію споживчого ринку. В цьому сенсі відзначимо, що найбільш мобільним є ринок продовольства, при формуванні, функціонуванні і обслуговуванні якого існують такі особливості:

Тривале падіння обсягів виробництва у всіх галузях продовольчого комплексу;

зниження платоспроможного попиту населення;

висока частка в роздрібному товарообороті імпортової продукції;

монополізм переробних та торговельних підприємств, що ставлять сільських товаровиробників в досить не вигідні умови;

зростання частки продовольчих товарів в споживчому кошику населення.

Розвиток продовольчого ринку пов'язаний з рядом проблем, для вирішення яких необхідно

побудувати розвинуту товаропровідну мережу. Найбільш ефективно в цьому напрямку створення системи логістичних розподільчих центрів, удосконалення складського господарства, автотранспортних та експедиційних підприємств. Великого значення набувають оптові ринки. В той же час, в умовах відсутності інформації виникають стихійні продовольчі ринки, які стали посередниками у збуті продукції і привласнюють при цьому неправомірні прибутки.

Діяльність продовольчих ринків має бути спрямована на соціально-економічний розвиток території, тобто міста. Для цього необхідно забезпечити ефективне функціонування територіальних оптових ринків, чого можна досягти при вирішенні таких завдань:

визначення потреби населення в продуктах та забезпечення їх постачання в необхідних обсягах;

збір, обробка та формування реальної комерційної інформації щодо попиту та пропозиції визначених продуктів харчування, щодо фактичних цін на продовольство та надання цієї інформації товаровиробникам, торговельним організаціям та підприємствам;

надання усім товаровиробникам і постачальникам продукції можливості увійти до оптового ринку;

максимальна концентрація продуктів харчування на ринку та зменшення їхніх втрат;

спрощування та прискорення процесів просування товарів, платежів та взаємних розрахунків;

формування об'єктивних ринкових цін на продовольство.

Оптовий ринок сільськогосподарської продукції створює належні умови для забезпечення здійснення оптової торгівлі сільськогосподарською продукцією шляхом надання таких послуг: [6]

- забезпечення операторів оптових ринків сільськогосподарської продукції спеціально облаштованими робочими місцями;

- підготовка партій сільськогосподарської продукції до продажу;

- документальне оформлення (у разі необхідності) купівлі-продажу сільськогосподарської продукції;

- формування партій стандартизованої сільськогосподарської продукції;

- організація торгів, аукціонів;

- складування, зберігання, відвантаження та доставка партій сільськогосподарської продукції;

- контроль якості сільськогосподарської продукції;

- забезпечення операторів оптових ринків сільськогосподарської продукції достовірною інформацією про кон'юнктуру ринку сільськогосподарської продукції та споживчу якість такої продукції;
- рекламні послуги;
- узагальнення і поширення достовірної інформації щодо попиту і пропозиції сільськогосподарської продукції, рівня цін;
- організація виставок, тренінгів, семінарів, конференцій, навчальних курсів, конкурсів;
- транспортування партій сільськогосподарської продукції;
- забезпечення продавців та покупців необхідною вантажно-розвантажувальною технікою, ваговимірними обладнаннями тощо;
- охорона майна операторів оптових ринків сільськогосподарської продукції;
- інші послуги, необхідні для здійснення діяльності оптових ринків сільськогосподарської продукції.

Оптовий ринок сільськогосподарської продукції має забезпечувати надання послуг, необхідних для здійснення оптової торгівлі сільськогосподарською продукцією, на постійній і регулярній основі.

Вирішення проблеми управління ефективністю транспортної системи ускладнюється відсутністю єдиної методики визначення ефективності як для транспортної системи в цілому, так і для складових її видів транспорту, а також відсутністю методики моніторингу процесу управління.

При аналізі робіт взаємодії транспортних систем, спрямованих на підвищення їхньої ефективності, вивчалися роботи таких вчених, як А.О. Правдін, В.Я. Негрей, В.А. Подкопаєв, В.В. Звонков. Аналіз їхніх робіт показав, що транспортна система, виконуючи подвійну функцію – каналу для пропуску вантажопотоків і бункера для поглинання сплесків пропускної спроможності, за відсутності координованої дії призводить до функціонального перевантаження.

Проте моделі в проаналізованих роботах не враховують таких особливостей вантажопотоків, як реверсивність (під терміном «реверсивність» розуміється поліспрямованість векторів руху вантажних потоків на обмеженому часовому відрізку); можливість їхнього фазового переходу – здатність до якісної трансформації властивостей матеріального потокового процесу в межах однієї форми потоку (переробка вантажопотоків в логістичних розподільчих центрах, а саме доведення товаропотоків до певного якісного

рівня – зменшення вологості, усунення проблем забруднення й тощо).

Ґрунтуючись на результатах аналізу виконаних досліджень, вирішення проблеми пропонується здійснити з використанням системного підходу, який реалізується на засадах логістики з координацією роботи всіх ланок логістичного ланцюга.

Зауважимо, що нагальним питанням є не тільки обґрунтування необхідності логістичної системи міста, але й розробка конкретних пропозицій щодо її створення на території міста Маріуполь Донецької області. Для вирішення таких питань треба, по-перше, обґрунтувати необхідність реструктуризації економіки міста на базі впровадження логістичних систем; по-друге, визначити зміст місцевих пріоритетів; по-третє, розробити стратегію формування міської логістичної системи.

Стосовно першого напрямку слід зазначити, що реструктуризація економіки міста Маріуполь на базі впровадження міських логістичних систем приведе до насиченості міського ринку споживчими товарами, збалансує територіальні і муніципальні доходи і витрати, припинить інфляцію і зниження життєвого рівня населення міста.

Оскільки на територіальних споживчих ринках важливе місце займають посередницькі структури, то вважаємо за необхідне розглянути можливість використання концепції логістики в посередницькій діяльності. У цьому зв'язку слід зазначити, що логістичний цикл починається з моменту надходження заявки на постачання і закінчується доставкою продукції споживачам. При цьому, на думку автора, логістика має з'єднувати функціональні сфери (маркетинг, виробництво, збут, транспорт, фінанси, управління) та враховувати їхній взаємний вплив.

Однак існуючі сьогодні традиційні посередницькі структури не можуть забезпечити раціональне використання товарних ресурсів та маневрування ними з врахуванням швидкої зміни попиту на місцевих ринках. Крім того, мають місце місцеві тенденції, які послаблюють міжтериторіальний обмін товарами. Це обумовлено такими головними недоліками організації посередницьких структур: відсутність єдиних на території міста інформаційних та координуючих центрів торгівлі; недостовірність ринкової інформації; орієнтація виробничих програм місцевої промисловості в основному на задоволення внутрішнього територіального ринку, хоча виробничі потужності, сировинні та трудові ресурси дозволяють випускати товари в значно

більшій кількості; організаційні форми торгівлі часто перешкоджають розумній кооперації виробництва товарів на підприємствах промисловості, економічно доцільної спеціалізації різних підприємств на випуску окремих видів товару.

Для усунення таких недоліків необхідні ефективно діючі об'єкти інфраструктури, які дозволяють забезпечити ефективне функціонування місцевих споживчих ринків. Тому важливим напрямом є вирішення проблем логістичного посередництва, яке займає важливе місце на споживчих ринках. Оскільки посередницькі структури займають важливе місце в діяльності муніципальних споживчих ринків, то для забезпечення ефективної діяльності їх необхідно формувати за принципами логістики, які впливають на виробництво і торгівлю, зможуть здійснити ряд економічних функцій, що забезпечать процес ефективного відтворення міста.

Економічна стратегія органів державного управління та місцевого самоврядування має розглядати транспортну систему міста як найважливішу складову соціально-виробничої інфраструктури, а її розвиток як одне із пріоритетних завдань своєї діяльності. Створення динамічно розвинутої, стійко функціонуючої, збалансованої, екологічно орієнтованої міської транспортної системи, що відповідає потребам населення та доступної всім його верствам, включаючи малозабезпечені, є необхідною умовою стабілізації й підйому економіки, розвитку соціальної інфраструктури, підвищення рівня життя. Для вирішення цих проблем потрібно змінити сам підхід до організації транспорту міста. Транспорт потрібно розглядати у поєднанні його соціально-культурних характеристик з екологією, впливу на міський ландшафт, раціональне використання земельних ресурсів. Підхід до міського транспорту як інфраструктури потрібно розділяти на властиві для транспорту характеристики з точки зору транспортної послуги: якість, раціональна організація транспортних потоків, взаємодія з іншими складовими інфраструктури, а саме: міські будівлі, об'єкти зв'язку, об'єкти водо- та енергопостачання, просторовий розвиток міста [7]. Серед інших, синергійних ефектів присутні: підтримка вітчизняного виробника (з економічно обґрунтованих обставин вирішено закуповувати лише вітчизняний рухомий склад для міст України); розвиток кредитування для розбудови об'єктів інфраструктури і закупівлю рухомого

складу транспортних одиниць, вирішення соціальних функцій.

Висновки. На основі проведених наукових досліджень автором здійснено теоретичне узагальнення вирішення науково-прикладної проблеми – розробка нових форм і методів управління територіальним і муніципальним розвитком, які ґрунтуються на використанні можливостей транспортно-логістичних систем.

Об'єктивна необхідність розповсюдження та застосування інструментів логістики для вирішення завдань регіонального і муніципального розвитку в Україні в умовах перебудови ринкової економіки і економічної кризи визначається не лише світовою практикою, але й тим фактом, що такий підхід є ефективним саме в країнах з перехідною економікою. Удосконалення існуючої системи управління муніципальним розвитком за допомогою логістики дозволяє знайти резерви в організації і функціонуванні процесів транспортування і товароруху, які будуть компенсувати додаткові витрати на задоволення зростаючих вимог споживачів та підвищення рівня їхнього обслуговування, підвищувати рівень добробуту мешканців індустріальних міст.

Виявлено, що для ефективного функціонування економіки індустріального міста та забезпечення потреб населення необхідно сформувавши таку систему ринків, яка не лише забезпечує раціональне використання наявних ресурсів міської території, але й спроможна регулювати економічні відносини між організаціями та підприємствами сфери виробництва, оптової та роздрібною торгівлі, кредитно-фінансової системи, невиробничої сфери та населення міста.

Література

- 1.Амитан В.Н. Программно-целевое планирование и управление при решении региональных проблем: Монография /Амитан В.Н., Короле В.Ю. // Донецк: ІЗПИ НАН України. — 1998. — 39 с.
- 2.Амитан В.Н. Логістизація процесів в організаційно-економічних системах / Амитан В.Н., Ларина Р.Р. Пілюшенко В.Л. // НАН України. ІЕПД. — Донецьк: ООО «Юго-Восток», 2003. — 73 с.
- 3.Бауэрсокс Д.Д. Логистика: интегрированная цепь поставок: Пер. с англ. / Бауэрсокс Д.Д., Клосс Д.Д. — М.: Олимп-Бизнес, 2001. — 670 с.
- 4.Atkinon E. Marketing Behavior and Executive Action. — Homewood, 1957
- 5.Converse P. The Beginning of Marketiong Thought in the United States. —The University of Texas, 1959
- 6.Закон України «Про оптові ринки сільськогосподарської продукції» Відомості Верховної Ради України, 2009 №51, ст.755. Електронний ресурс.

Режим доступу:
<http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1561-17>

7.Третьяков І.М. Методологічні засади формування міської транспортної політики / Третьяков І.М. //Управління проектами, системний аналіз і логістика. 2011.– № 8, С.377-383.

References

1. Amitan V.N. Programmatic-having a special purpose planning and management at the decision of regional problems. Monograph / Amitan V.N., Korole V.Y. // Donetsk: Institute of economy of industry The National Academy of Sciences of Ukraine. — 1998. 39P.

2 .Amitan V.N. The logistic providing of processes is in the organizationally-economic systems / Amitan V.N., Larina R.R., Pylschenko V.L.// The National Academy of Sciences of Ukraine. Institute of economy of industry. Donetsk, 2003. – 73 p.

3. Bauersokc D.D. Logistic: the integrated chain of deliveries / Bauersokc D.D., Clocc D.D. / M.: Olympus is Business. 2001. — 670 P/

4. Atkincon E. Marketing Behavior and Executive Action. — Homewood, 1957

5. Converse P. The Beginning of Marketong Thought in the United States. –The University of Texac, 1959

6. A law of Ukraine is "On the wholesale markets of agricultural produce" of List of Verkhovna Rada of Ukraine [electronic resource]. – Mode of access: URL:<http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1561-17>

7. Tretyacov I.N. Methodological principles of forming of a municipal transport politics / Tretyacov I.N. // Management, analysis of the systems and logistic, projects. 2011– № 8. P.377-383

Майорова І.Н. Формирование и функционирование транспортно-логистических систем индустриального города

В статье обобщены результаты теоретического исследования по формированию и функционированию транспортно-логистических систем индустриального города на примере Мариуполя Донецкой области. Исследовано роль логистики в управлении современным крупным промышленным городом, проведено систематизацию и классификацию логистических систем в соответствии с рынками, которые они обслуживают, и рассмотрены

возможности для моделирования процессов в городских транспортно-логистических системах. Предложены показатели эффективности и качества логистического управления микрологистическими системами.

Ключевые слова: городская логистика, транспортная система, муниципальное объединение, потребители услуг, индустриальный город, общественно-хозяйственные комплексы города.

Mayorova I.N. FORMING AND FUNCTIONING OF TRANSPORT-LOGISTIC SYSTEMS OF INDUSTRIAL CITY

In the article the results of theoretical research are generalized on forming and functioning of the transport-logistic systems of industrial city on the example of Mariupol of the Donetsk area. The role of logistic is investigational in a management modern large industrial a city, systematization and classification of the logistic systems are conducted in accordance with markets that they serve and considered to possibility for the design of processes in the municipal transport-logistic systems. It is educed that for the effective functioning of economy of industrial city and providing of necessities of population it is necessary to form such system of markets, that not only provides the rational use of present resources of municipal territory but also able to regulate economic relations between organizations and enterprises of sphere of production, wholesale and retail trade, credit-financial system, unproductive sphere and population of city The indexes of efficiency and quality of logistic management are offered by the systems.

Keywords: municipal logistic, transport system, municipal association, consumers of services, industrial city, publicly-economic complexes of city.

Майорова І.М. д.е.н., доцент кафедри технології міжнародних перевезень і логістик ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Мариуполь, Україна, e-mail: dpktn@rambler.ru

Рецензент Губенко В.К., д.т.н., проф.

Стаття надійшла 26.07.2013

УДК 658.64; 303.732

УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ АВТОСЕРВИСНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Макарова И.В., Хабибуллин Р.Г., Буйвол П.А., Габсалихова Л.М.

RISK MANAGEMENT OF THE AUTOSERVICE ENTERPRISE USING DECISION SUPPORT SYSTEM

Makarova I., Khabibullin R., Buyvol P., Gabsalikhova L.

В статье описан метод управления рисками автосервисных предприятий при создании клиентоориентированной сети фирменного сервиса на основе системного подхода, обеспечивающего принятие научно-обоснованных решений. Рассмотрена модель управления рисками, построенная на принципах системности, при котором каждое управленческое решение принимается с учетом фактора риска. Приведена идентификация, причины, последствия рисков для автосервисного предприятия и предлагаемые мероприятия, минимизирующие его негативные последствия. Показано, что повысить качество прогнозных оценок на предприятии возможно с помощью комплексной системы оценки рисков и механизма мониторинга на основе использования информационных технологий.

Ключевые слова: дилерско-сервисная сеть, управление рисками, система поддержки принятия решений.

Постановка проблемы. В условиях роста конкуренции развитие системы фирменного сервиса является для автомобилестроительных предприятий важнейшим фактором продвижения продукции, как на отечественном, так и на зарубежном рынках. Поскольку система сервиса в организационном плане представляет собой дилерско-сервисную сеть (ДСС), состоящую из множества дилерско-сервисных центров (ДСЦ), функционирующих в разных условиях и отличающихся по целому ряду параметров, принятие обоснованных и рациональных управленческих решений невозможно на основе обычной интуиции, опыта, здравого смысла руководителя. Анализ причинно-следственных связей между субъектами сети усложняется наличием значительного числа факторов, многие из которых являются стохастическими и плохо формализуемыми, что во многих случаях не позволяет оптимизировать структуру и повысить эффективность функционирования системы традиционными

методами. Стратегия развития ДСС связана с оценкой рисков, что должно обеспечить принятие научно-обоснованных решений и свести к минимуму риски всех категорий.

Функционирование любой сложной системы, подвергающейся воздействию большого числа стохастических факторов, неизбежно приводит к возникновению рискованных ситуаций. Риски могут вызываться разными причинами и, соответственно, носить различный характер: финансовые риски, инвестиционные риски, экологические риски и т.п.

Полностью устранить риски ввиду их вероятностной природы не представляется возможным, однако необходимо ими управлять.

Анализ последних исследований и публикаций. Значительный вклад в развитие теории риска, количественного и качественного анализа риска, решение целого ряда проблем по принятию управленческих решений в условиях рискованных ситуаций внесли исследователи Дж. фон. Нейман, Р. Стэнфилд, А. Смит, Ф.Х. Найт, А.О Недосекин, В.И. Лойко, Т.П. Барановская и др. Большинство имеющихся научных источников посвящено анализу отдельно взятых проблем риска, в связи с чем остается целый ряд нерешенных вопросов, связанных с разработкой методов и способов учета и управления рисками на предприятиях автомобильной отрасли.

Целью работы является разработка методики повышения эффективности системы фирменного сервиса за счет принятия научно-обоснованных решений в рискованных ситуациях. Своевременное определение риска, его оценка, выбор метода сокращения, контроль риска позволяют сократить потери, предотвратить неблагоприятные события, связанные с наступлением рискованных ситуаций.

Результаты исследований. Управление рисками применяется для обеспечения достаточной уверенности в обеспечении условий достижения

стратегических и операционных целей предприятия при принятии решений, а также с целью выявления потенциальных событий, которые могут повлиять на деятельность организации, и поддержания степени их воздействия в приемлемых (установленных) для организации границах.

Процесс управления рисками включает выполнение следующих этапов [1]:

1. Составление плана управления рисками – выбор методов и планирование деятельности по управлению рисками.

2. Идентификация рисков – выделение тех рисков, которые могут оказать влияние на деятельность организации, а также определение перечня их характеристик.

3. Качественная оценка рисков – качественный анализ рисков и предпосылок их возникновения.

4. Количественная оценка – количественный анализ вероятности возникновения и оценка влияния последствий рисков событий.

5. Планирование реагирования на риски – определение регламентов и мер по нивелированию отрицательных последствий наступления рисков ситуации и использованию возможных преимуществ.

6. Мониторинг и контроль рисков – отслеживание и оценка рисков, нахождение остаточных рисков, определение степени выполнения плана управления рисками и оценка эффективности мероприятий по минимизации рисков.

Идентификация рисков предусматривает определение рисков, способных повлиять на проект, и документальное оформление их характеристик. В операциях по идентификации рисков, при необходимости, могут принимать участие: менеджер проекта; члены команды проекта; команда управления рисками (если таковая создана); эксперты в определенных областях, не входящие в команду проекта; заказчики; конечные пользователи; другие менеджеры проектов; участники проекта и эксперты по вопросам управления рисками. Хотя главная роль в

идентификации рисков принадлежит этим специалистам, следует поощрять участие в этом процессе всего персонала. Идентификация рисков – это итеративный процесс, на очередном этапе которого могут обнаруживаться новые риски [2].

Управление рисками, своевременное их выявление и, по возможности, устранение, могут в значительной мере способствовать снижению вероятности возникновения кризисной ситуации на сервисном предприятии. Таким образом, эффективные мероприятия по управлению рисками можно рассматривать как «профилактические» меры возникновения кризиса [3]

Для реализации стратегии эффективного управления рисками предприятия необходим их анализ в разрезе владельцев риска, сфер возникновения, а также выделение причин, способов воздействия, возможных последствий (рис. 1). В таблицах 1-5 представлены результаты анализа рисков с позиции владельцев сервисного предприятия.

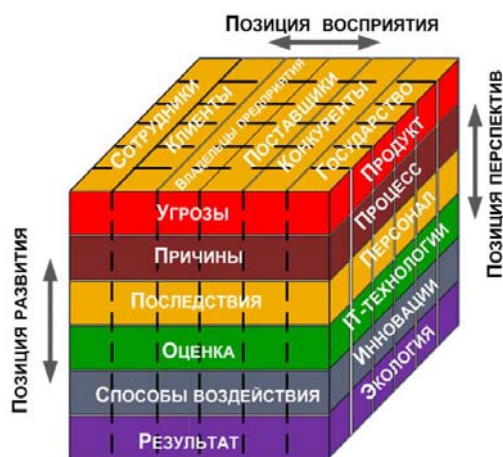


Рис. 1. Куб взаимосвязи между компонентами процесса управления рисками, его участниками и владельцами

Таблица 1

Риски с позиции владельцев предприятия в разрезе перспективы «персонал»

№ п/п	Риск	Причины рисков ситуации	Последствия	Способы воздействия
1.	Низкая квалификация персонала	Неэффективная работа кадровых служб, проблемы образовательной системы	Выпуск некачественной продукции	Разработка мероприятий по оценке компетенции работников при приеме на работу, взаимодействие с образовательными учреждениями
2.	Высокая текучесть персонала	Отсутствие механизмов стимулирования работников, низкий уровень заработной платы	Низкая эффективность работы персонала	Разработка методов по удержанию персонала
3.	Низкая производительность труда персонала	Низкая мотивация и отсутствие контроля работников, неоптимальная численность персонала, низкий уровень автоматизации	Высокая стоимость услуг	Оптимизация технологического процесса, механизация и автоматизация труда, разработка методов мотивации персонала

Таблиця 2

Риски с позиции владельцев предприятия в разрезе перспективы «экология»

№ п/п	Риск	Причины рискованной ситуации	Последствия	Способы воздействия
1.	Негативное воздействие на окружающую среду	Несоблюдение экологических правил и норм	Негативное влияние на окружающую среду, штрафные санкции со стороны экологических служб	Экологическая сертификация автомобилей, систематическое обучение и повышение квалификации персонала в области охраны окружающей среды, соблюдение технологий при проведении работ и утилизации отходов

Таблиця 3

Риски с позиции владельцев предприятий в разрезе перспективы «продукт»

№ п/п	Риск	Причины рискованной ситуации	Последствия	Способы воздействия
1.	Снижение ставок таможенных пошлин	Вступление страны в международные торговые союзы, таможенной политики государства	Неконкурентоспособная цена продукта	Внесение предложений по государственным мерам, направленным на реализацию Стратегии развития автомобильной промышленности Российской Федерации на период до 2020 года
2.	Рост конкуренции	Выход на рынок новых дилеров и сервисных предприятий	Снижение конкурентоспособности, объема продаж автомобилей и сопутствующего сервиса	Разработка и реализации планов мероприятий по противодействию конкурентам
3.	Сокращение объемов продаж автомобилей	Сокращение объемов государственных закупок, снижение покупательской способности, несоответствие характеристик автомобилей потребностям клиентов	Снижение объемов сервисных услуг	Снижение себестоимости продукта. Изучение потребительских предпочтений. Разработка стратегии развития клиентоориентированного сервиса. Разработка собственных программ лизинга
4.	Снижение объема сервисных услуг	Сокращение объемов продаж автомобилей, отказ клиентов от фирменного сервиса в пользу неавторизованного ввиду высокой стоимости услуг и времени обслуживания	Простои оборудования и рабочих	Постоянная работа с клиентами, привлечение новых клиентов. Разработка систем оценки качества обслуживания. Оптимизация управления.

Таблиця 4

Риски с позиции владельцев предприятия в разрезе перспективы «процесс»

№ п/п	Риск	Причины рискованной ситуации	Последствия	Способы воздействия
1.	Технологический (некорректная организация технологического процесса)	Увеличение времени обслуживания, рост числа рекламаций и претензий на качество обслуживания	Снижение лояльности клиентов, рост числа потерянных клиентов	Анализ опыта мировых производителей, производящих аналогичные услуги. Анализ удовлетворенности клиентов качеством обслуживания.
2.	Ошибки планирования и прогнозирования продаж и объемов сервисных услуг	Увеличивающаяся волатильность между прогнозируемым и фактическим уровнями продаж и объемом сервисных услуг	Простои или отказы в обслуживании вследствие некорректного плана загрузки производственных мощностей	Применение IT-технологий при прогнозировании и планировании, ABC, XYZ-анализ
3.	Рост доли некачественных запасных частей и расходных материалов от поставщиков	Неправильный выбор поставщиков запасных частей и расходных материалов	Рост числа рекламаций и претензий на качество запасных частей и сервис, снижение эксплуатационной надежности. Рост стоимости обслуживания автомобилей для клиентов.	Внедрение механизмов выявления и отслеживания массовых дефектов запасных частей сторонних производителей. Диверсификация и тщательный отбор поставщиков

Таблиця 5

Риски с позиции владельцев предприятия в разрезе перспективы « IT-технологии »

№ п/п	Риск	Причины рисковой ситуации	Последствия	Способы воздействия
1.	Неоправданное вложение средств во внедрение инноваций и информационных технологий	Отсутствие системного подхода к разработке инновационных проектов, при экспертизе, разработке и внедрении IT-решений. Недостаточная компетентность разработчиков.	Низкая эффективность процессов ввиду использования устаревших технологий и методов управления на предприятии	Качественная экспертиза на этапе анализа функционала программных продуктов и отбора IT-решений, тщательная проработка технических заданий и бизнес-планов при внедрении инноваций.
2.	Несанкционированный доступ и порча информации	Высокий уровень информационных угроз, низкий бюджет на информационную безопасность	Перебои в работе предприятия, финансовая нестабильность организации	Меры по повышению информационной безопасности

Оценка степени рисков в деятельности предприятия позволяет не только сократить возможные потери, но и принять соответствующие стратегические решения по их снижению в долгосрочной перспективе. Существуют разные способы анализа рисков, в какой-то мере дополняющих друг друга, поэтому при использовании нескольких из них, либо их комбинации можно получить относительно полную информацию [4].

Строго говоря, оценка риска потери конкурентоспособности сервисного предприятия – это комплексный показатель, характеризующий устойчивость и качество развития предприятия, который, в конечном счете, должен иметь количественное выражение. Одним из методов оценки риска потери конкурентоспособности сервисного предприятия может быть широко применяемый к анализу риска банкротства предприятия в США подход Альтмана [5], включающий следующие этапы:

- Применительно к данному субъекту ДСС и к интервалу времени формируется набор из N отдельных показателей предприятия, которые на основании предварительного анализа влияют на его конкурентоспособность.

- В N-мерном пространстве, образованном выделенными показателями, проводится гиперплоскость, которая, основываясь на собранных статистических данных, наилучшим образом отделяет успешные предприятия от предприятий-аутсайдеров. Уравнение этой гиперплоскости имеет вид:

$$z = \sum_{(i)} \bar{b}_i \times k_i, \quad (1)$$

где k_i – уровни показателей, a_i – веса, полученные в результате анализа.

- Осуществляя параллельный перенос плоскости, можно наблюдать, как перераспределяется число успешных и неуспешных предприятий, попадающих в ту или иную подобласть, отсеченную данной плоскостью. Соответственно, можно установить пороговые нормативы z_1 и z_2 : при $z < z_1$ риск предприятия высок,

при $z < z_2$ – риск низок, при $z_1 < z < z_2$ – состояние предприятия неопределенно.

Ключевым ограничением этого метода будет являться невозможность учета специфики и различий как самих предприятий, так и среды, в которой они функционируют. Уникальность всякого предприятия в том, что оно может выжить и при очень слабых шансах, и, разумеется, наоборот. Уникальность предприятия вызывает необходимость тщательного анализа как характеристик специфики самого предприятия, так и результатов его деятельности, выявления и учета его отличий. При рассмотренном подходе статистическая вероятность оказывается неприменимой, поскольку необходимо не только рассчитать и спрогнозировать уровень критического риска, но и идентифицировать сложившуюся ситуацию, а также определить дистанцию, отделяющую предприятие от состояния критического риска.

Синхронизировать две шкалы – шкалу объективных измерений и шкалу субъективных оценок этих измерений позволяет применение нечетких множеств [6]. Нечеткие описания в структуре метода анализа риска появляются ввиду неуверенности эксперта, которая неизбежна при проведении классификаций. В случае, когда эксперт не может четко разграничить понятия (например, «высокой» и «максимальной» вероятности), или когда надо провести границу между средним и низким уровнем значения показателя [7].

В соответствии с требованиями системности, необходима четкая классификация всех видов риска, что обеспечит их максимальный учет. В свою очередь, такой подход выражает стремление к наиболее полному прогнозу возникновения возможных рисков ситуаций, что позволяет свести к минимуму степень неопределенности. Адекватность реакции на рисковые ситуации подразумевает способность быстрого реагирования на любые изменения параметров функционирования системы и выход их значений в критическую область. Обоснованный риск возможен лишь в том случае, если произведена его идентификация и оценка, разработан и внедрен механизм его

мониторинга в виде системы поддержки принятия решений (СППР) (рис.2) и, главное, предусмотрены мероприятия, минимизирующие его негативные последствия.

Показатели	Нормативные значения	2010 г.	2011 г.	Рекомендации
Кэф-т использования поста	1,000	0,491	0,441	Произошло ухудшение показателя
Кэф-т использования складских помещений	1,000	0,622	0,622	Показатель в пределах нормы, не требует корректировки
Кэф-т использования производственных помещений	1,000	0,576	0,576	Показатель в пределах нормы, не требует корректировки
Кэф-т использования рабочего времени поста	1,000	0,491	0,442	Произошло ухудшение показателя
Комплексный показатель	1,000	0,086	0,070	

Рекомендация: Снижение комплексного показателя, необходима корректировка стратегии

Рис. 2. Окно программы выбора стратегии развития сервисных предприятий по результатам анализа их деятельности

В результате разработки стратегии компании с использованием системы сбалансированных показателей (ССП) была определена совокупность взаимосвязанных нормативов для Key Performance Indicators (KPI), составляющих комплексную систему оценки ДСС. Данные значения хранятся в базе данных. Выход KPI за пределы нормативных значений свидетельствует о недостижении соответствующей цели в рамках ССП. Каждому из ключевых показателей эффективности в стратегической карте целей ставится в соответствие риск возникновения события, при этом соответствующий KPI выходит за свой установленный норматив (3).

Эффективным инструментом управления рисками является анализ текущих результатов деятельности сервисного предприятия, сопоставление их с данными за прошедший период и с ожидаемыми значениями и выработка рекомендаций по корректировке управляющих воздействий.

Такой подход к управлению рисками понятен и прозрачен, поскольку в системе в случае попадания KPI в критическую область, возникает сигнал для лица, принимающего решение, о необходимости проведения корректирующих мероприятий (рассчитанные показатели эффективности для субъектов ДСС окрашиваются в красный цвет).

После идентификации рисков производится их качественная и количественная оценка и строится карта риска, по одной «оси» которой указана сила воздействия или значимость риска, а по другой вероятность или частота его возникновения. Согласно статистике, накапливаемой в базе данных СППР, вероятность возникновения риска может быть рассчитана как дисперсия или среднеквадратическое отклонение выборки значений показателя эффективности, которому соответствует данный риск. Большое значение дисперсии свидетельствует о высоком разбросе значений показателя и значительной его неустойчивости, а значит и о существующем риске его выхода в критическую область.

При выборе стратегии развития клиентоориентированного сервисного предприятия минимизация собственных рисков связана с поиском баланса между риском предприятия и риском клиента. Для ДСС, оказывающего услуги по продаже, техническому обслуживанию и ремонту автомобилей, риск, связанный с процессом оказания услуг по техническому обслуживанию и текущему ремонту – это величина, характеризующая вероятность возможных потерь при недогрузке производственных мощностей или упущенной выгоде от потери клиентов при недостаточных производственных возможностях [8].

Выводы. 1. Эффективная модель управления рисками должна быть построена исходя из принципов системности, таким образом, чтобы каждое управленческое решение принималось с учетом фактора риска.

При этом следует иметь в виду, что риски полностью неустраняемы, поскольку они возникают во всех сферах деятельности предприятия. В связи с этим, необходимо создавать саморегулируемые методы: распознавание рисков, оценку серьезности последствий вследствие их возникновения, способов воздействия, разработку стратегии и тактики управления рисками. Необходима выработка риск-стратегии, которая позволяла бы влиять сразу на комплекс разнонаправленных рисков [9].

2. Учитывая постоянно меняющееся состояние как самого предприятия, так и внешней среды, оперативное управление рисками на основе мониторинга значений ключевых показателей эффективности эффективности становится возможным только на основе применения СППР. Своевременное определение риска, его оценка и контроль позволяют сократить потери, предотвратить неблагоприятные события, связанные с наступлением рискованных ситуаций. При этом значительно повысить качество прогнозных оценок и управления рисками на предприятиях позволяет комплексная система

способов оценки рисков с применением информационных технологий.

Л и т е р а т у р а

1. Управление рисками, риск-менеджмент на предприятии. – URL: <http://www.risk24.ru/index.htm>. Дата обращения – 5.09.2012.
2. Duncan, B.A. Guide to the Project Management Body of Knowledge // PMBOK GUIDE. – PMI, 2004.
3. Хизёва, А.С. Управление рисками и их минимизация, как «профилактика» кризиса на предприятии // А.С. Хизёва, О.Д. Ситникова. – URL: <http://nauka.zinet.info/6/hyzyova.php>. Дата обращения – 15.10.2012.
4. Анализ рисков в деятельности предприятия. – URL: <http://www.puckinet.ru/inc/an44.htm>. Дата обращения – 15.10.2012.
5. Altman E.I. Futher Empirical Investigation of the Bankruptcy Cost Question //Journal of Finance, September 1984, pp. 1067 – 1089.
6. Zadeh L., Bellman R. Decision-making in a fuzzy environment. Management Science, vol.17. No. 4, 1970.
7. Недосекин А.О., Абдулаева З.И. Управление корпоративными рисками и шансами: Учебный курс Санкт-Петербург, 2010. 125 с.
8. Макарова, И.В. Оценка рисков предприятий сферы автосервиса на основе системы сбалансированных показателей: материалы международной научно-практической конференции «Новые подходы в экономике и управлении» / И.В. Макарова, Р.Г. Хабибуллин, Л.М. Мухаметдинова, Д.Ю. Шакирова – Пенза-Прага: Научно-издательский центр «Социосфера», 2011. – С. 118–121.
9. Условия и основные факторы эффективной организации и функционирования механизмов управления рисками. – URL: <http://finmagazine.ru/temanomera/1681-conditions-and-main-factors-for-the-efficient-organization.html>// Дата обращения – 12.11.2012

R e f e r e n c e s

1. Upravlenieriskami, risk-menedzhmentnapredpriyatii. – URL: <http://www.risk24.ru/index.htm>. Data obrashhenija – 5.09.2012.
2. Duncan, B.A. Guide to the Project Management Body of Knowledge // PMBOK GUIDE. – PMI, 2004.
3. Hizjova, A.C. Upravlenieriskamiihminimizacija, kak «profilaktika» krizisanapredpriyatii // A.C. Hizjova, O.D. Sitnikova. – URL: <http://nauka.zinet.info/6/hyzyova.php>. Data obrashhenija – 15.10.2012.
4. Analizriskov v dejatel'nostipredpriyatija. – URL: <http://www.puckinet.ru/inc/an44.htm>. Data obrashhenija – 15.10.2012.
5. Altman E.I. Futher Empirical Investigation of the Bankruptcy Cost Question //Journal of Finance, September 1984, p. 1067 – 1089.
6. Zadeh L., Bellman R. Decision-making in a fuzzy environment. Management Science, vol.17. No. 4, 1970.
7. Nedosekin A.O., Abdulaeva Z.I. Upravleniekorporativnymiriskamiishansami:Uchebnykurs Sankt-Peterburg, 2010. 125 p.
8. Makarova, I.V. Ocenkariskovpredpriyatijisferyavtoservisaosnovesistemysbalansirovannyhpokazatelej: materialy mezhdunarodnojnaučno-praktičeskojkonferencii«Novyepodhody v jekonomikeiupravlenii» / I.V. Makarova, R.G. Habibullin, L.M. Muhametdinova, D.Ju. Shakirova – Penza-Praga:

Nauchno-izdatel'skijcentr «Sociosfera», 2011. – S. 118–121.

9. Uslovijaiosnovnyefactoryjeffektivnojorganizaciiifunkcionirovanijamehanizmovupravlenijariskami. – URL: <http://finmagazine.ru/temanomera/1681-conditions-and-main-factors-for-the-efficient-organization.html>// Data obrashhenija – 12.11.2012.

Макарова І.В., Хабибуллин Р.Г., Буйвол П.А., Габсалихова Л.М. Управління ризиками автосервісних підприємств з використанням системи підтримки прийняття рішень.

У статті описаний метод управління ризиками автосервісних підприємств при створенні клієнтоорієнтованої мережі фірмового сервісу на основі системного підходу, що забезпечує прийняття науково-обґрунтованих рішень. Розглянуто модель управління ризиками, побудована на принципах системності, при якому кожне управлінське рішення приймається з урахуванням фактора ризику. Наведено ідентифікація, причини, наслідки ризиків для автосервісного підприємства і пропонувані заходи, які мінімізують його негативні наслідки. Показано, що підвищити якість прогнозних оцінок на підприємстві можливе за допомогою комплексної системи оцінки ризиків та механізму моніторингу на основі використання інформаційних технологій.

Ключові слова: дилерско-сервісна мережа, управління ризиками, система підтримки прийняття рішень.

Makarova I., Khabibullin R., Buyvol P., Gabsalikhova L. Risk management of the autoserice enterprise using decision support system.

The article describes a method of risk management of autoserice companies to create a customer-oriented service firm network based on the system approach providing adoption of scientific and reasonable solutions. The model of the risk management built on the principles of the systemacity such that each administrative decision is made taking into account the risk factor is considered. Identification, reasons, consequences of risks for the autoserice enterprise and the offered actions minimizing its negative consequences is given. It is shown that it is possible to increase quality of projections at the enterprise by means of complex system of risk assessment of and the monitoring mechanism based on the use of information technologies.

Keywords: dealer-service network, risk management, decision support system.

Макарова І.В. – д.т.н., професор, професор кафедри «Сервіс транспортних систем», НЧ інститут КФУ, м. Набережні Челни, Росія, e-mail: kamIVM@mail.ru.

Хабибуллин Р.Г. – д.т.н., доцент, завідувач кафедрою «Сервіс транспортних систем», НЧ КФУ, м. Набережні Челни, Росія, e-mail: hrg_kampri@mail.ru.

Буйвол П.А. – к.т.н., доцент кафедри «Сервіс транспортних систем», НЧ КФУ, м. Набережні Челни, Росія, e-mail: skyeyes@mail.ru.

Габсалихова Л.М. – к.т.н., доцент кафедри «Сервіс транспортних систем», НЧ КФУ, м. Набережні Челни, Росія, e-mail: muhametdinoval@mail.ru.

Рецензент: Асташенко В.І., д.т.н., професор кафедри матеріалів, технологій та якості

Статьяподана 18..07.20

УДК 303.732; 658.7:33

ВОЗМОЖНОСТИ СЦЕНАРНОГО АНАЛИЗА ПРИ РАЗРАБОТКЕ СТРАТЕГИИ ПЕРЕВОДА АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА НА ГАЗОМОТОРНОЕ ТОПЛИВО

Макарова И.В., Хабибуллин Р.Г., Валиев И.И.

THE POSSIBILITY OF SCENARIO ANALYSIS AND DEVELOPMENT OF STRATEGIES FOR transition MOTOR TRANSPORT TO GAS FUEL

Makarova I.V., Khabibullin R.G., Valiev I.I.

Рассмотрены преимущества использования природного газа как безопасного, экологически чистого и экономичного вида альтернативного топлива. Приведены и проанализированы сдерживающие факторы перехода автомобильного транспорта на газомоторное топливо. Указаны пути решения данных проблем с учетом мер, предпринимаемых государством для стимулирования развития данного направления с целью обеспечения устойчивого развития транспортной системы и городов. Приведен пример сценарного анализа вариантов перехода автомобильного транспорта на газомоторное топливо с учетом разных сценариев развития экономической ситуации для Ставропольского края.

Ключевые слова: сценарный анализ, прогнозирование автомобильного рынка, газомоторное топливо.

Постановка проблемы. Один из главных вызовов нашего времени, стоящих перед мировым сообществом, связанный с интенсивным ростом уровня автомобилизации и высокой энергоемкостью транспортного обслуживания населения, - проблема топливообеспечения перевозок. Поскольку нефть относится к невозобновляемым источникам энергии и добывается в таких масштабах, что в скором будущем ее запасы будут полностью исчерпаны, возникает вопрос о поиске альтернативных видов моторного топлива.

Анализ состояния вопроса. Объективные предпосылки роста в последние годы интереса к газу как моторному топливу - более высокие энергетические и экологические характеристики по сравнению с нефтяными топливами. Из всех массово используемых моторных топлив и технологий природный газ обеспечивает наиболее безопасные выбросы отработавших газов, оказывает меньшее воздействие на смазочные масла (на 30-40%). Так, перевод автомобилей с бензина на газ позволяет снизить в среднем в пять раз выбросы вредных веществ, а шумовое

воздействие - вдвое. Кроме того, газ не содержит основного загрязнителя бензина - серы, поэтому даже самый очищенный бензин стандарта «Евро-5» не может и близко сравниться по чистоте сгорания с газовым топливом. Немаловажным фактором является более стабильная, по сравнению с нефтью, цена на газ и более высокая экономичность: при более низкой (в два раза ниже, чем у дизельного топлива) его цене энергоотдача почти одинаковая - 0,95:1.

В качестве моторного топлива природный газ используется главным образом в двух разновидностях - в виде сжиженного углеводородного газа (СУГ) и в виде компримированного (сжатого) природного газа (КПГ). По мнению зарубежных специалистов, на ближайшие годы СУГ и КПГ являются единственной реальной альтернативой бензину и дизельному топливу. Большинство известных зарубежных автопроизводителей налажен серийный выпуск более чем 180 моделей газомоторных автомобилей, среди которых 112 моделей легковых автомобилей, 35 грузовиков, 38 автобусов. Наиболее широко газомоторные автомобили представлены европейскими производителями (126 моделей). По мнению экспертов, газовое моторное топливо - сейчас единственная полноценная альтернатива бензину. Водород, электричество, этанол для этого слишком дороги. Более того, КПГ и СУГ позволяют автолюбителям существенно сэкономить на топливе и идеально подходят для общественного транспорта. По большинству характеристик газ, особенно метан (КПГ), превосходит и бензин, и дизель.

Мировой парк газомоторных автомобилей с 2000 года увеличился более чем в три раза. В настоящее время на КПГ работают 14,7 млн автомобилей, что составляет 1,5% от мирового парка (900 млн ед.). В последние годы мировой

парк автомобилей, работающих на природном газе, увеличивается на 25-30% в год. Сегодня в мире насчитывается уже 20 746 автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС).

Предпосылки перевода автомобильного парка России на газомоторное топливо

Как и во многих развитых странах, где стимулирование применения природного газа в качестве экологически чистого моторного топлива возведено в ранг государственной политики и действуют национальные программы перевода автотранспорта, в первую очередь городского, на газомоторное топливо, в России в последние годы предпринимаются активные действия в решении данного вопроса. Для этого предусмотрены программы государственной поддержки перевода общественного транспорта на газовое топливо.

Председатель Правительства РФ Дмитрий Медведев, выступая на совещании по развитию автомобильной промышленности на среднесрочную перспективу, озвучил идею перехода страны на газомоторное топливо [2], а 13.05.2013 г. подписал Постановление о массовом (не менее 50%) переводе на газовое топливо общественного транспорта. Данные сравнительного анализа эксплуатационной эффективности по топливу городских автобусов НефАЗ-5299-30-31, 5299G с газовым двигателем КАМАЗ классов Евро 4 и Евро 5 и НефАЗ-5299-30-32 с дизельным двигателем Cummins (Евро 3) свидетельствуют о том, что экономия по топливу за 10 лет на один автобус может составить от 3,9 до 4,0 млн руб. соответственно (рис. 1). Аналогичные показатели для самосвалов достигают 7,4 млн руб. (рис. 2).

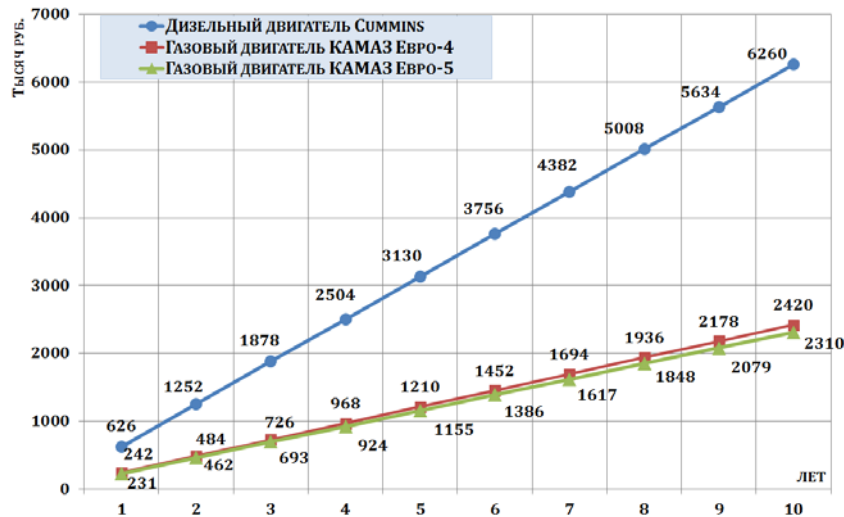


Рис.1. Сравнительный анализ топливной эффективности автобусов НЕФАЗ в зависимости от типа двигателя (по данным [5])

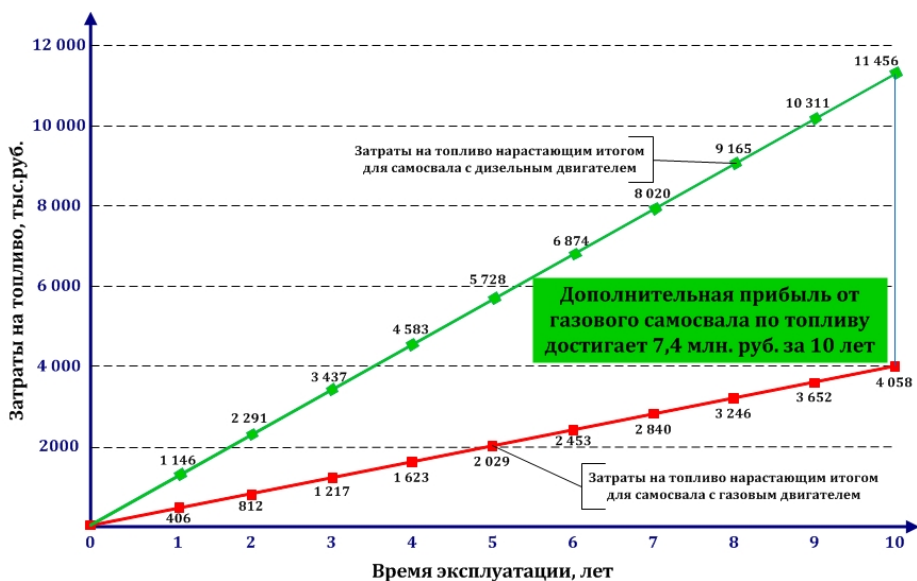


Рис.2. Сравнительный анализ топливной эффективности самосвалов в зависимости от типа двигателя

Анализ эксплуатационных показателей 8-ми газовых дорожных машин ЭД-405АГ в г.Набережные Челны [3] за 12 месяцев также

свидетельствует о значительной экономии (табл.1).

Анализ эксплуатационных показателей дорожной техники

Таблица 1

Общий пробег, км	Расход газа, м ³	Расход топлива на 100 км, м ³	Затраты по ГСМ, руб.	
			ГАЗ	ДТ
310 967	190 553	61,28	1 429 146	3 806 292
			Разница	2 377 146

«Газпромнефть» начала реализацию проекта по выводу компримированного природного газа (КПГ) на розничный рынок моторного топлива. В декабре компания открыла первый в России многопливный автозаправочный комплекс под брендом «Газпромнефть», где кроме бензина и дизеля можно заправиться компримированным природным газом и сжиженным углеводородным газом (СУГ).

Проблемы и сдерживающие факторы. Благодаря своей низкой стоимости (стоимость КПГ составляет около 50% от стоимости бензина, СУГ – 75%), природный газ вызывает все больший интерес потребителей, а газомоторные автобусы, мусороуборочные машины, автомобили коммунальных служб находят все большее распространение в городах Америки, Европы и Азии. Все шире применяют данный вид топлива и частные таксомоторные компании. Согласно прогнозу Международного газового союза тенденция опережающего развития «газового» сегмента мирового авторынка сохранится: рост парка газобаллонного автотранспорта составит к 2020 г. 50 млн ед., а к 2030 г. - более 100 млн ед., потребление природного газа в качестве моторного топлива вырастет до 40÷45 млрд м³. Перспективность данного направления для России обусловлена тем, что обладая крупнейшими запасами природного газа в мире, она пока занимает лишь 5 место в мире по числу автомобилей на СУГ (1,3 млн) и делит 17-18 места с США по числу автомобилей на КПГ (около 100 тыс). Однако, по мнению экспертов Комитета Госдумы по энергетике, существует ряд проблем, мешающих развитию газомоторных технологий в стране. Например, сказывается нехватка газоперерабатывающих заводов и предприятий по сжижению топлива. Проблемным является и отсутствие инфраструктуры, в том числе заправочных станций. Особенность газомоторной техники заключается в том, что она требует более частых дозаправок, что в свою очередь требует более плотного кольца газовых заправок [4].

Несмотря на очевидные преимущества использования газомоторного топлива, а также меры по государственной поддержке, при стратегическом планировании необходимо учитывать множество факторов, которые могут

как способствовать, так и препятствовать развитию данного направления. Для того чтобы снизить негативное влияние внешних факторов на развитие данного направления и при этом обеспечить эффективную реализацию инвестиционных проектов перевода автомобильного парка на газомоторное топливо, используются различные методы оценки. Одним из таких методов является сценарный анализ, позволяющий оценить перспективность проекта при разных сценариях развития экономической ситуации.

Пример сценарного анализа. Для оценки перспективности направления продвижения газомоторного топлива на российском рынке был выбран Северо-Кавказский федеральный округ (СКФО), грузовой автопарк которого представлен в основном автомобилями ГАЗ, КАМАЗ, ЗИЛ. Значительная доля парка принадлежит грузовикам полной массой от 5 до 8 т - 44,38%, а доля автомобилей полной массой более 16 т составляет 27,68% парка. Число эксплуатирующих организаций СКФО составляет 26,9 тыс., причем 89,53% из них имеют самый малочисленный парк - от одного до пяти автомобилей, 5,4% организаций имеют в парке от шести до десяти автомобилей, 3% - от 11 до 20 автомобилей [1]. По количеству грузовых автомобилей в корпоративных парках лидирует Ставропольский край - 43,73% всего парка Северо-Кавказского федерального округа, весьма значительна и доля Республики Дагестан - 29,47%. Автотехника КАМАЗ составляет 22,7 % от общего числа парка грузовых автомобилей.

В качестве приоритетных направлений развития СКФО, обозначенных в «Стратегии социально-экономического развития Северо-Кавказского федерального округа до 2025 года», указаны [6]:

- повышение безопасности и экологичности транспортной системы Северо-Кавказского федерального округа;
- экономическое стимулирование приоритетного использования в крупных и курортных городах транспортной техники с повышенными экологическими показателями.

- реализация проектов по использованию природного газа и других альтернативных видов топлива на городском общественном транспорте, на регулярных грузовых перевозках в черте города.

Поскольку Кавказские Минеральные Воды - крупнейший курортный регион Российской Федерации, который по богатству, разнообразию, количеству и ценности минеральных вод и лечебной грязи не имеет аналогов во всей Евразии, повышение экологичности транспорта является приоритетным направлением развития региона. Еще большую актуальность данная проблема приобретает в связи с тем, что с декабря 2012 года Туристско-рекреационная особая экономическая зона туристско-рекреационного «Гранд Спа Юца» Ставропольского края, созданная в соответствии с Постановлением № 71 Правительства Российской Федерации от 03.02.2007 г., включена в Северокавказский туристический кластер, которым управляет ОАО «Курорты Северного Кавказа».

Для обеспечения успешной реализации данного направления необходимо расширение инфраструктуры, включающей заправочные пункты и сервисные центры. В настоящее время на территории Северо-Кавказского федерального округа имеются 15 автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС), из которых 8 расположены на территории Ставропольского края. Парк грузовой автотехники КАМАЗ в Ставропольском крае на 2012 год с 17 261, 43 единицы из которых - это газобаллонная автотехника КАМАЗ.

Учитывая, что общая численность парка может расти в соответствии как с оптимистичным, так и с пессимистичным сценариями развития и допуская, что процентное отношение газобаллонной техники в общей численности парка останется неизменным, можно спрогнозировать динамику изменения численности парка газобаллонных автомобилей в соответствии с оптимистичным и пессимистичным сценариями развития (табл.2).

Таблица 2

Прогноз численности парка газобаллонной автотехники КАМАЗ в Ставропольском крае

Год	Оптимистичный	Пессимистичный
2013	43	43
2014	60	58
2015	84	78
2016	118	106
2017	165	143
2018	231	193
2019	324	260
2020	403	300
2021	443	324
2022	488	350
2023	536	378
2024	590	408
2025	649	441
2026	714	476
2027	785	514
2028	864	555
2029	950	600
2030	1108	664

Прогноз потребности в АГНКС и сервисных центрах выполнялся с учетом полученных данных. При этом допускалось, что среднегодовой пробег автомобиля составляет 80 000 км; расход газа на 100 км составляет 40 м³, следовательно, годовой объем газового топлива на 1 автомобиль составит 32 000 м³. Это означает, что в среднем при заправке одного грузового автомобиля объемом газа в 108 м³, число заездов автомобиля на заправку составит 296 раз в год. Пропускная способность АГНКС при нормальной 80 - процентной загрузке выглядит так, как показано в табл. 3.

Таблица 3

Пропускная способность АГНКС при загрузке 80%

Тип АГНКС	Число заездов авт./сутки	Общее число заездов авт./год
АГНКС 175	105	38 325
АГНКС 325	210	76 650
АГНКС 450	315	145 975

Таблица 4

Прогноз требуемого числа АГНКС

Год	Парк ГБА КАМАЗ	Число заездов в год	АГНКС 175	АГНКС 325	АГНКС 450
Оптимистичный прогноз					
2013	43	12728	1		
2014	60	17760			
2015	84	24864			
2016	118	34928			
2017	165	48840			
2018	231	68376			
2019	324	95904			
2020	403	119288			1
2021	443	131128			
2022	488	144448			
2023	536	158656			
2024	590	174640			
2025	649	192104			
2026	714	211344			
2027	785	232360			
2028	864	255744			
2029	950	281200			
2030	1108	327968			
Пессимистичный прогноз					
2013	43	12728	1		
2014	58	17183			
2015	78	23197			
2016	106	31316			
2017	143	42276			
2018	193	57073			
2019	260	77048			
2020	300	88800			
2021	324	95904			
2022	350	103576			
2023	378	111862			
2024	408	120811			
2025	441	130476			
2026	476	140914			
2027	514	152188			
2028	555	164363			
2029	600	177512			
2030	664	196544			

При этом требуемый объем инвестиций составит, соответственно, 192 015 и 118 602 тыс.руб. Анализ экономических показателей

проекта выполнялся с использованием программного комплекса «Альт-Инвест 6 Сумм». Полученные результаты свидетельствуют о том, что проект имеет достаточно высокую устойчивость и является привлекательным для инвестирования денежных средств.

Таким образом, с учетом 8-ми существующих на сегодняшний день АГНКС для удовлетворения потребностей в заправке при оптимистичном сценарии роста численности парка потребуется строительство еще 5-ти дополнительных АГНКС, а при пессимистичном сценарии - 3-х (табл. 4).

При расчете необходимых инвестиций в развитие сервисной инфраструктуры исходили из того, что на территории Ставропольского края расположены 8 дилерско-сервисных центров (табл.5), только 4 из которых оказывают

сервисные услуги, причем только один из них является полнофункциональным.

Для организации сервиса газобаллонной автотехники КАМАЗ оптимальным вариантом является размещение участков по обслуживанию ГБА в существующих ДСЦ, для чего необходимы единовременные затраты (на технологическое оборудование – 4 170 500 руб.; на технологическую подготовку производства – 350 000 руб.; командировочные расходы на обучение 331 500 руб.), а также ежегодные периодические затраты (на содержание гарантийного фонда 420 000 руб.; на сертификацию деятельности 10 000 руб. раз в три года; фонд оплаты труда (при условии работы 2 рабочих) – 753 216 руб., зарплата по штатному расписанию – 31 384 руб.).

Таблица 5

Анализ дилеров КАМАЗа на территории Ставропольского края

Наименование дилера	Продажа а/м	Сервис	Продажа з/ч
ЗАО КПК «СТАВРОПОЛЬСТРОЙОПТОРГ», с. Верхнерусское	-	-	+
ООО «Кавминводский автоцентр КАМАЗ» г. Минеральные Воды	-	+	+
ООО «КАМАЗ-Дон» р-н Тарасовский	-	-	+
ООО «Навигатор-Плюс», г. Ставрополь	-	-	+
ООО «Новые Автомобильные Технологии», г. Невинномысск	-	+	-
ООО «СТО-ТСС Кавказ», г. Пятигорск	-	+	-
ООО «Торгово-промышленная компания «Транснаб», г. Черкесск	-	-	+
Филиал ОАО «КАМАЗТЕХОБСЛУЖИВАНИЕ» в г. Ставрополь	+	+	+

Трудоемкость работ (ТО и Р) на 1 автомобиль в год – 116 часов, стоимость нормочаса – 700 руб., коэффициент технической готовности парка принимается 0,8, коэффициент использования парка – 0,7, следовательно, объем сервисных услуг для ГБА при оптимистичном и пессимистичном сценарии развития будет таким, как показано в табл.6.

Таблица 6

Прогноз потребности в сервисных услугах

Год	Оптимистичный		Пессимистичный	
	Парк	Объем	Парк	Объем
2013	43	1955	43	1955
2014	60	2728	58	2639
2015	84	3820	78	3563
2016	118	5366	106	4810
2017	165	7503	143	6494
2018	231	10504	193	8768
2019	324	14733	260	11836
2020	403	18325	300	13642
2021	443	20144	324	14732
2022	488	22190	350	15911
2023	536	24373	378	17184
2024	590	26828	408	18559
2025	649	29511	441	20044
2026	714	32467	476	21648
2027	785	35695	514	23379
2028	864	39288	555	25249
2029	950	43198	600	27269
2030	1108	50383	664	30193

Для выявления эффективности реализации данного проекта с учетом полученных данных был выполнен расчет его инвестиционной привлекательности с использованием программного комплекса «Альт-Инвест 6 Сумм». Расчеты производились в постоянных ценах. Результаты расчетов приведены в табл.7.

Таблица 7

Расчет эффективности проекта

Показатели	Оптимистичный прогноз	Пессимистичный прогноз
Объем инвестиций, тыс.руб.	4 902	4 902
Годовая ставка дисконтирования, %	16	16
Простой срок окупаемости, лет	7,77	8,62
Чистая приведенная стоимость (NPV), тыс.руб.	12 643	6 943
Дисконтированный срок окупаемости (PBP), лет	9,11	10,55
Внутренняя норма рентабельности (IRR), %	30,7	25,9
Норма доходности дисконтированных затрат (PI)	3,33	2,28
Чистая прибыль, тыс.руб.	31 097	13 626

Выводы. Приведенные расчеты свидетельствуют об инвестиционной привлекательности проекта. При четко выстроенной схеме инвестирования в проект перехода автомобильной техники на газомоторное

топливо, проект в данном регионе будет достаточно устойчивым, при условии низкого уровня законодательных и экономических рисков.

Л и т е р а т у р а

1. Автобизнес, Нижний Новгород, октябрь 2013, №132, стр. 20-29
2. Медведев задумал перевести все автомобили в стране на газ. - 10.04.2013 - URL: <http://www.tsg66.ru/novosti/v-mire/medvedev-zadumal-pereves-vse-avtomobili-v-strane-na-gaz.html>
3. Перспектива развития газомоторных автомобилей КАМАЗ на природном газе - URL: http://tomskautogaz.ru/upload/health/files/RariTEHK_perspektiva_razvitiya_GBA_KAMAZ_na_metane_2012_file_53_40_614.pdf
4. Сливай бензин - URL: http://gt-garazh.3dn.ru/news/slivaj_benzin/2010-06-30-575
5. Современные технологии в транспортном комплексе - URL: http://mindortrans.tatarstan.ru/protokoli_doroghoe_stroitelstvo.htm
6. «Стратегия социально-экономического развития Северо-Кавказского федерального округа до 2025 года». URL: http://www.kavkaz-uzel.ru/articles/175166/#IV_1_4

References

1. Avtobiznes, Nizhnij Novgorod, oktjabr' 2013, №132, str. 20-29
2. Medvedev zadumal perevesti vse avtomobili v strane na gaz. - 10.04.2013 - URL: <http://www.tsg66.ru/novosti/v-mire/medvedev-zadumal-pereves-vse-avtomobili-v-strane-na-gaz.html>
3. Perspektiva razvitiya gazomotornyh avtomobilej KAMAZ na prirodnom gaze - URL: http://tomskautogaz.ru/upload/health/files/RariTEHK_perspektiva_razvitiya_GBA_KAMAZ_na_metane_2012_file_53_40_614.pdf
4. Slivaj benzin - URL: http://gt-garazh.3dn.ru/news/slivaj_benzin/2010-06-30-575
5. Sovremennye tehnologii v transportnom komplekse - URL: http://mindortrans.tatarstan.ru/protokoli_doroghoe_stroitelstvo.htm
6. «Strategija social'no-jekonomicheskogo razvitiya Se-vero-Kavkazskogo federal'nogo okruga do 2025 goda». URL: http://www.kavkaz-uzel.ru/articles/175166/#IV_1_4

Макарова І.В., Хабібуллін Р.Г., Валієв І.І.
Можливості сценарного аналізу при розробці стратегії переведення автомобільного транспорту на газомоторне паливо

Розглянуто переваги використання природного газу як безпечного, екологічно чистого і економічного виду альтернативного палива. Наведено та

проаналізовано стримуючі фактори переходу автомобільного транспорту на газомоторне паливо. Вказано шляхи вирішення цих проблем з урахуванням заходів, що вживаються державою для стимулювання розвитку цього напрямку з метою забезпечення сталого розвитку транспортної системи і міст. Наведено приклад сценарного аналізу варіантів переходу автомобільного транспорту на газомоторне паливо з урахуванням різних сценаріїв розвитку економічної ситуації для Ставропольського краю.

Ключові слова: сценарний аналіз, прогнозування автомобільного ринку, газомоторне паливо.

Makarova I.V., Khabibullin R.G., Valiev I.I.
The possibility of scenario analysis and development of strategies for transition motor transport to gas fuel

Advantages of using natural gas as safe, environmentally friendly and cost-effective type of alternative fuel are considered. Limiting factors of transition of the automobile transport on gas fuel are described and analyzed. Solutions of these problems taking into account the measures undertaken by the state for stimulation of development of this direction for the purpose of providing a sustainable development of transport system and the cities are specified. The example of the scenario analysis of options of transition of the motor transport on gas fuel taking into account different scenarios of development of an economic situation for Stavropol Territory is given.

Key words: scenario analysis, automobile market forecasting, natural gas fuel.

Макарова Ирина Викторовна – д.т.н., професор, професор кафедри «Сервіс транспортних систем», НЧИ КФУ, Набережніе Челны, e-mail: kamIVM@mail.ru

Хабібуллін Рифат Габдулхакович – д.т.н., доцент, завідує кафедрою «Сервіс транспортних систем», НЧИ КФУ, Набережніе Челны, e-mail: hrg_kampi@mail.ru

Валієв Ильшат Ильдарович – аспірант кафедри «Сервіс транспортних систем», НЧИ КФУ, Набережніе Челны, e-mail: il090988@yandex.ru

Рецензент: Асташенко В.И., д.т.н, професор кафедри Матеріалів, технологій і якості

Статья подана: 18.07.2013

УДК 656.7.073:656.7:061.5(045)

ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ УМОВИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕКСПРЕС-АВІАПЕРЕВІЗНИКА

Марінцева К.В.

ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL CONDITIONS OF EXPRESS CARRIER FUNCTIONING

Marintseva K.

Сучасна практика організації експрес-перевезення в Україні включає в себе в основному лише відкриття представництв світових лідерів цього бізнесу. З метою визначення можливості створення повноцінного експрес-авіаперевізника як підсистеми в логістичній системі України виконано аналіз функціонування авіакомпанії FedEx Express, вибраної в якості прототипу. Охарактеризовано найістотніші зв'язки і властивості даної авіакомпанії. Визначені структура парку ПС, можливі обсяги відправок, закономірності циклічності бізнесу, технологічні напрямки розвитку.

Ключові слова: експрес-перевезення, авіакомпанія, система, прототип, аналог.

Постановка проблеми. Серед основних факторів динамічного розвитку світової торгівлі можна виділити два: час доставки та інформованість учасників логістичного ланцюга про стан вантажу (товару) в режимі реального часу. Технічні можливості, активний розвиток роздрібною торгівлі через Інтернет [1], розвиток медицини потребують оперативного рішення питань доставки товару, продукції, матеріалів та сировини для торгових мереж і виробництва. Місце країни в глобальному переміщенні товарів багато в чому залежить від того, як організована доставка. Причому дослідження показують, що актуальною є концепція доставки від «дверей до дверей» з точним часом (більш за все мінімальним) та інформованістю про стан відправки [1]. Така концепція доставки вантажів реалізується експрес-перевізниками. За даними [2], темпи росту експрес-перевезень в Європі коливаються від 2 до 4%, в Росії – від 30 до 40 %. За висновками робіт [2-4], ринок експрес-перевезень в Україні, який включає в себе доставку кореспонденції і вантажів до 68 кг, перебуває на стадії розвитку. До 2008 року відзначався ріст перевезень на рівні 20-25% на рік. Однак наприкінці 2008 року спад ринку склав

30% для імпорту та 25% - для експорту [3]. Причому організація експрес-перевезення на українському ринку включає в себе в основному лише відкриття представництв світових лідерів цього бізнесу, наприклад, американських компаній UPS (United Parsel Service) і FedEx, німецької DHL, нідерландської TNT Express, Агамех і Forintos, французької DPD. Дані представництва використовують інформаційні системи, технології прийомки, оформлення та, в деяких випадках, обробки вантажу даних світових компаній. Якщо це авіаційні експрес-перевезення, то виконуються вони не спеціалізованими експрес-авіаперевізниками, а регулярними та чартерними авіакомпаніями, які зареєстровані, чи мають дозвіл на експлуатацію авіаліній в Україні. Тобто до функцій представництв входить лише формування бази клієнтів в Україні для закордонних експрес-перевізників, робота з митними органами по оформленню експерту та імпорту, доставка вантажу чи пошти власним автомобільним транспортом, якщо такий є, «до дверей» клієнта.

Багато експертів припускають, що в Україні попит на послуги експрес-доставки буде формуватися не стільки за рахунок виробників, скільки за рахунок фізичних осіб, зновтаки, за рахунок розвитку дистанційної та Інтернет-торгівлі. Але зараз послугами міжнародних кур'єрів користуються не більше 10% населення країни [3]. Серед причин повільного розвитку даного виду послуг називають високу вартість, незначну кількість населення країни, зайнятої в активному міжнародному бізнесі, жорстке державне регулювання експортно-імпортних операцій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З точки зору системного підходу, організація експрес-перевезення вантажів передбачає

створення системи (підприємства), яка здійснює сукупність операцій, пов'язаних з прискореним переміщенням вантажу та пошти в просторі від моменту отримання замовлення до моменту його одержання вантажоодержувачем. Процеси експрес-перевезень на різних видах транспорту було досліджено в багатьох роботах. В якості прикладу наведемо роботи О.О. Лашкевича і О.С. Ковальова [5,6]. В роботі О.О. Лашкевича дана змістовна класифікація математичного апарату для прийняття рішень в ланцюгах поставок експрес-вантажів, зроблено висновок про можливість використання добре вивчених моделей формування складської мережі та транспортного завдання. В роботі [6] дано прикладну програму, що дозволяє розробляти оперативні плани завезення/вивезення вантажів на термінали аеропортів для різних вихідних даних по завантаженню та видах сервісу для клієнтів. Тобто на сьогодні в Україні є наукове підґрунтя, готові технічні, технологічні рішення для створення компанії, яка б комплексно виконувала всі етапи експрес-перевезення. Але проблема створення ефективного авіаційного експрес-перевізника в Україні є ще недостатньо дослідженою науковцями. Причинами цього можуть бути, по-перше, початковий стан розвитку авіаційних експрес-перевезень на українському ринку, а по-друге, відсутність статистичної та експериментальної бази для проведення наукових досліджень.

Мета. Метою роботи є визначення організаційно-технологічних закономірностей функціонування авіаційних експрес-перевезень за умови економічного розвитку, відсутності бюрократичних перешкод для експорту та імпорту вантажу, наявності значних фінансових ресурсів для формування та підтримки відповідного парку повітряних суден (ПС).

Підходи до розв'язку поставленого завдання. Для проектування нової підсистеми транспортної системи (створення експрес-авіаперевізника в умовах функціонування транспортної системи України) можна застосувати загальноприйняті наукові методи: метод прототипу (копіювання) та статистичний. Під методом прототипу будемо розуміти створення нової підсистеми шляхом наслідування готовому об'єкту, який приймається за зразок (прототип). Прототип – це головне джерело інформації для підсистеми, що проектується. Застосовуючи даний метод, необхідно розуміти, що вимоги «новизни» та «оптимальності» створення нової підсистеми в даному випадку не розглядаються.

Статистичний метод є доповненням до методу прототипу і передбачає визначення умов функціонування нової підсистеми на базі обробки статистичних даних аналогів – об'єктів аналогічних об'єкта, що проектується. В

результаті застосування статистичного методу можна отримати регресійні залежності середнього значення величин, що досліджуються, від інших величин, які отримуються за статистичними даними аналогів.

В якості прототипу (аналогу) в даній роботі розглянемо одну з найбільших вантажних авіакомпаній FedEx Express.

Тенденції розвитку авіакомпанії FedEx Express. Система авіаційних вантажоперевезень США до 1977 року була негнучкою і складною через бюрократію, і не в змозі здійснювати досить швидкі поставки. Організація вантажних авіаперевезень передбачала співробітництво між авіакомпаніями для доставки вантажу з пункту А в пункт Б, крім того, авіакомпанії значною мірою залежали від експедиторських компаній, які виконували консалдацію вантажу і доставку «до дверей». Закон США про авіаперевезення 1977 року (Public Law 95-163) зняв обмеження на маршрути, які експлуатують вантажні авіакомпанії. Це дозволило авіакомпанії Federal Express (так авіакомпанія FedEx Express називалася до 1994 року) придбати свої перші великі літаки - сім Boeing 727-100.

На сьогодні FedEx Express надає послуги з експрес-доставки пошти та вантажу на адреси більш ніж 220 країн і регіонів світу. Також компанія надає кур'єрські та інші послуги логістики по всьому світу, використовуючи свої глобальні повітряну і наземну мережі для здійснення швидкісних доставок, зазвичай гарантовано вкладаючись у 1-2 робочих дні.

Підприємство експрес-доставки вантажів FedEx включає в себе такі сегменти бізнесу [7]:

1. FedEx Express: FedEx Express (експрес-перевезення); FedEx Trade Networks (експедиторські та митно-брокерські послуги щодо повітряних і морських вантажних перевезень); FedEx SupplyChain SystemA (логістичні послуги);

2. FedEx Ground: FedEx Ground (експрес-доставка наземним видом транспорту); FedEx SmartPost (консолідатор дрібних посилок);

3. FedEx Freight: FedEx Freight (вантажні перевезення малими партіями); FedEx Custom Critical (термінові перевезення);

4. FedEx Services: FedEx Services (продажі, маркетинг, інформаційні технології, зв'язок і офісні функції); FedEx TechConnect (обслуговування замовників, технічна підтримка, формування рахунків); FedEx Office (документація і бізнес-послуги, прийом пакетів).

Для організації мережі маршрутів експрес-перевезень в США FedEx Express має регіональні хаби в міжнародних аеропортах Індіанополісу, Далласу, Окленду, Ньюарку, Анкоріджу, Майамі. Закордонні регіональні хаби даної авіакомпанії знаходяться в Парижі (Charles de Gaulle Airport), Гуанчжоу (Guangzhou Baiyun International

Airport) і Торонто (Toronto Pearson International Airport).

Парк ПС FedEx Express має неоднорідну структуру (табл.1). Авіакомпанія експлуатує різні типи ПС із діапазоном вантажопідйомності від 2 т (Cessna 208 F) до 107 т (Boeing 777 F). На кінець 2011 року FedEx Express експлуатувала 661 ПС.

FedEx Express використовує операційну оренду для фінансування деяких з ПС і устаткування. Такі фінансові операції, як правило, передбачають перехід ризику втрат на залишкову вартість майна наприкінці строку оренди з орендодавцем. Як зазначено в [7], FedEx має близько \$14 млрд (без дисконтування) майбутніх зобов'язань за договорами операційної оренди. Середньозважений термін оренди за всіма договорами операційної оренди в 2012 році – близько шести років. Майбутні зобов'язання за договорами операційної оренди не відображаються як зобов'язання в балансі згідно з чинними у США правилами бухгалтерського обліку. Аналіз інтенсивності використання парку ПС авіакомпанії, зроблений за даними ІКАО [8], показує, що такі типи ПС, як Boeing 777 F та MD11 F, мають максимальні години експлуатації – 13,0 і 8,2 годин на день відповідно. Найбільший сумарний наліт ПС, який складає 187179 годин у 2011 році, припадає на ПС типу MD 11F (їх у складі парку налічується 64). Найбільша кількість відправок – 87365 – здійснена літаками типу Cessna 208 F. Але більш точну картину щодо інтенсивності використання парку ПС дає аналіз експлуатації одиниці літака (рис.1). Найбільший наліт за годинами та за пройденою відстанню в даному разі припадає на літак типу B777F, який має найбільшу максимальну дальність польоту – 9065 км.

Таблиця 1
Парк повітряних суден FedEx Express у 2011 році

Тип	На кінець року	Середня вантажопідйомність (т)
AIRBUS A300 F4600	71	48
AIRBUS A310	53	37
BEECH 18		6
BOEING 727 100		26
BOEING 727 200	68	26
BOEING 757 200	67	29
BOEING 777 F	17	107
CESSNA 208 F	246	2
MCDONNELL DOUGLAS DC10 10	58	63
MCDONNELL DOUGLAS DC10 30F	17	77
MCDONNELL DOUGLAS MD11 F	64	88

Наведемо в якості прикладу організації маршрутної мережі аналіз інтенсивності експлуатації деяких авіаліній FedEx, а саме: Мемфіс – Париж (7319 км), Індіанополіс –

Торонто (706 км), Індіанополіс – Париж (6727 км), Нью-Йорк – Париж (5834 км).

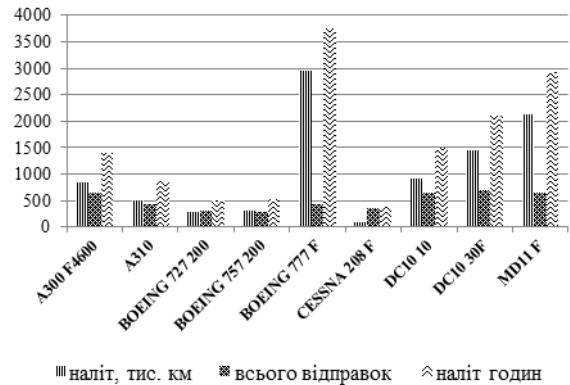


Рис. 1. Інтенсивність використання парку ПС FedEx Express (середні показники на один літак)

Дані за 2000-2011 рр. за напрямом Мемфіс – Париж свідчать про успішне формування практично рівномірного завантаження на даному напрямку, при цьому коефіцієнт завантаження складає від 0,5 до 0,78 %. Лівову частку експрес-перевезень складають вантажі (рис.2). Експрес-перевезення з Парижа до Мемфіса є більшими за обсягами в середньому на 20% протягом всього ретроспективного періоду.

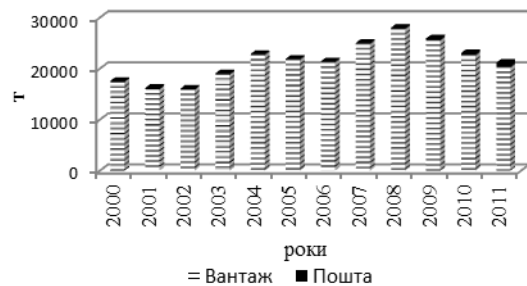


Рис. 2. Динаміка експрес-перевезень FedEx з Мемфіса до Парижа

Загальна кількість виконаних рейсів на вказаних вище напрямках коливалася в межах 200 рейсів на рік. ПС типу A310, DC10 10, DC10 30, MD11 експлуатувалися на напрямку Індіанополіс – Торонто. Для виконання далекомагістральних рейсів використовувалися B777 F та MD11. Починаючи з 2009 року зафіксована від'ємна динаміка перевезень на всіх напрямках експрес-перевезень FedEx, що вивчалися. Однією з основних причин є фінансово-економічна криза, яка почалася в 2008 році в США та Європі. Термінове перевезення вантажів безпосередньо пов'язано з придбанням і виробництвом продукції – основними макроекономічними індикаторами. Коли окремі особи і компанії, купляють і виробляють менше товарів, обсяги перевезень різко скорочуються. Але авіакомпанія експрес-перевезень має відносно велику частку фіксованих витрат у загальній структурі витрат,

тому швидко реагувати на зміну обсягів попиту не може.

Бізнес FedEx має циклічний характер, сезонні коливання впливають на обсяги, доходи і прибуток. Історично у США обсяги експрес-перевезень збільшуються наприкінці листопада і в грудні. У міжнародних експрес-перевезеннях, зокрема, США - Азія, піки припадають на жовтень і листопад. На рівень вантажних обсягів, операційних витрат і прибутку також може негативно позначитися погана погода, наприклад, суворозима.

Аналіз загальних статистичних даних обсягів FedEx Express дає уявлення про середній рівень завантаження виробничих потужностей авіакомпанії. У 2012 році, при тому що обсяги перевезень пакетів і конвертів знизилися на 3 і 7 % відповідно, середня кількість експрес-відправок на внутрішніх авіалініях складала 2577 місць на день, чи 3396 кг.

Статистичні дані щодо фінансових результатів діяльності FedEx Express [9] свідчать про те, що динаміка фінансових показників є позитивною (крім 2009 року), а питомий прибуток у 2011 році даної авіакомпанії є вищим ніж середнє значення по авіакомпаніям США приблизно на 40% (рис.3). Тобто, адекватний фінансовий та виробничий менеджмент може сприяти розвитку даного виду бізнесу навіть в умовах світової економічної кризи.

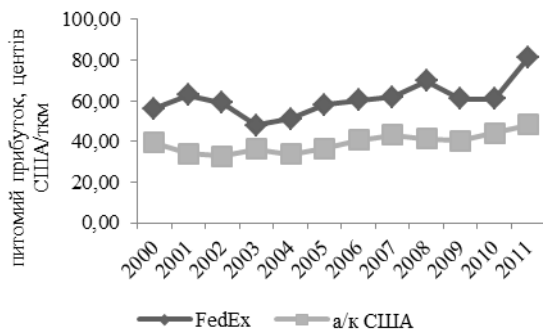


Рис. 3. Порівняння питомого прибутку FedEx Express із середнім значенням даного показника авіакомпаній США (складено за даними ІКАО [9])

Основна частка витрат по персоналу авіакомпанії приходить на оплату праці пілотів та персоналу з технічного обслуговування, що є, звичайно, обґрунтовано. Цікавим є політика FedEx Express заощадження на персоналі з продажу. Підтвердженням даної політики є висловлювання представника FedEx в Україні (компанія-контрагент Elin Ltd) про те, що інвестицій з боку FedEx немає, і представництво розвивається виключно за свій рахунок [3].

FedEx Express є капіталомістким підприємством. Компанія робить значні інвестиції в ПС, транспортні засоби, технології упаковки, обробки вантажів, устаткування для

сортування, копіювальне обладнання та інші активи, щоб підтримати транспортні і бізнес-мережі. Також необхідно робити значні інвестиції в ребрендинг, інтеграцію і зростання компаній, які купує FedEx.

Обсяг і терміни вкладення капіталу залежать від різних факторів, у тому числі і від прогнозованого зростання обсягу. Траба роботи прогнози щодо необхідних типів ПС, їх кількості. FedEx Express стикається з жорсткою конкуренцією. Деякі конкуренти мають більше фінансових ресурсів або вони контролюються чи субсидуються урядами зарубіжних країн, що дозволяє їм збільшити капітал більш легко. Ефективно конкурувати з цими компаніями можна, наприклад, за рахунок надання більш надійних послуг за конкурентними тарифами. Однак ірраціональною ціновою політикою можна обмежити можливості для підтримки і поліпшення бізнесу.

Технології FedEx Express. FedEx Express сильно покладається на інформаційні технології, щоб керувати транспортною і бізнес-мережами. Дана компанія використовує бездротові рішення, Bluetooth, RFID та інші IT-продукти.

FedEx Express була першою вантажною компанією, яка використовувала комп'ютерні технології для управління посылками, запустивши "COSMOS" (Client - клієнти, Operations – роботи, Services – послуги, Master – спеціалізована, Online System - онлайн-система), центральну комп'ютерну систему для управління людськими ресурсами, посылками, транспортними засобами і погодними умовами в режимі реального часу.

У 1980 році компанія впровадила інформаційну технологію "DADS" для координації дзвінків клієнтів. Ця система дозволяла клієнтам планувати отримання вантажу день в день. Завдяки даній інновації кур'єри можуть отримувати замовлення щодо відправлення вантажу на дисплей монітора у своїй вантажівці, таким чином вони в змозі оперативіно реагувати на вимоги клієнтів і мінімізувати кількість відмовлень в обслуговуванні.

Однією з вимог вантажовідправників та вантажоотримувачів є скорочення часу на заповнення всіх необхідних документів. Компанія FedEx у 1984 році запропонувала своїм клієнтам автоматизовану систему відправки. До цього часу дана система постійно удосконалюється і доповнюється спеціальними функціями.

У 1985 році у технологію обробки вантажу компанією FedEx було впроваджено портативний сканер SuperTracker, основна функція якого – визначення місця знаходження вантажу в реальному часі.

З 1994 року FedEx впровадила одну із основних інновацій – сайт компанії fidex.com – перший інтернет-сайт, який дозволяє клієнтам компанії-вантажоперевізника мати інформацію про стан їхнього вантажу в режимі реального часу.

Слід відмітити, що будь-які збої в технології або Інтернет можуть завдати шкоди діяльності і

репутації компанії серед клієнтів. Зовнішні і внутрішні ризики, такі як віруси, спроби проникнути в мережі авіакомпанії, витік даних і помилки людини, являють безпосередню загрозу для продукції і послуг авіаційного експрес-перевізника. Компанія має постійно вкладати кошти в технології в галузі безпеки, інформаційні технології управління ризиками і плану аварійного відновлення, але ці заходи не можуть повністю ізолювати бізнес від збоїв або втрати даних, що має несприятливий вплив на діяльність і фінансові результати.

Висновки. Аналіз FedEx Express в якості прототипу експрес-авіаперевізника дозволив охарактеризувати найістотніші (принципові) зв'язки і властивості реальної системи. Опис результатів функціонування провідного міжнародного експрес-авіаперевізника за допомогою аналізу абсолютних, відносних та середніх величин є одним з перших етапів визначення можливості створення подібної чи удосконаленої підсистеми в транспортній системі України. Визначені структура парку ПС, можливі обсяги відправок, закономірності циклічності бізнесу, технологічні напрямки дають уявлення про можливі технологічні та економічні характеристики подібних транспортних підприємств. Але при переході від прототипу до створення експрес-авіаперевізника в умовах транспортної системи України необхідно враховувати фактор масштабу виробництва експрес-послуг і, відповідно, необхідних виробничих потужностей. Також нагадаємо, що прототип, який розглядався, функціонує в умовах лібералізації діяльності авіапідприємств і чіткого (практично повністю автоматизованого) митного контролю та оформлення переміщення вантажів – це є, як показує практика, необхідною умовою розвитку системи експрес-доставок. Сучасний стан умов функціонування авіапідприємств України дозволяє реалізовувати тільки один варіант: створювати за власний рахунок агента-представника одного із лідерів експрес-авіаперевезень і допомагати даному підприємству завойовувати наш ринок, тобто виступати, за відповідну комісійну винагороду, лише елементом в складній системі світового логістичного бізнесу.

Подальші дослідження організації авіаційних експрес-перевезень в Україні можуть бути виконані в напрямку вивчення можливості та ефекту впровадження технології електронного оформлення документів на вантаж (e-freight), визначення регресійних моделей залежності попиту на експрес-перевезення вантажів від деяких економічно-соціальних, технічних та технологічних показників, визначення оптимальних схем доставки (мережі авіамаршрутів) експрес-вантажів в Україну, та навпаки, визначення інвестиційної привабливості створення української авіакомпанії, яка б спеціалізувалася на експрес-перевезенні.

Література

1. Юхта А.С. Роль услуг экспресс-доставки в развитии электронной торговли [електрон. ресурс] // Теория и практика общественного развития – 2012 – №1. Режим доступа: <http://teoria-practica.ru/-1-2012/economics/yukhta.pdf>
2. Вольпина М. Рынок экспресс-перевозок ждет перемен [електронний ресурс] // Логинфо – 2006. – №4 (92). Режим доступа: <http://loginfo.ru/issue/92/1194>
3. Григорак М.Ю., Габрієлова Т.Ю., Юденко Є.В. Аналіз посткризових тенденцій на ринку експрес-перевезень в Україні // Вісник СХУ ім. В. Даля – 2011. – №5 (159) – Частина 1. – С. 55-61.
4. Пархомчук Д. Дорогие гонцы [електронний ресурс] // Инвестгазета – 2009. – №49 – 14 дек. Режим доступа: <http://www.investgazeta.net/kompanii-irynki/dorogie-goncy-158046/>
5. Савицька С.О. Порівняльний аналіз діяльності транснаціональних компаній-перевізників та національних операторів [електрон. ресурс]. Режим доступа: http://www.rusnauka.com/4_SND_2009/Economics/40328.doc.htm
6. Лашкевич А. А. Модели управления цепями поставок экспресс - грузов: Автореферат дис. ... кандидата экономических наук: 08.00.05 / А. А. Лашкевич; С.-Петерб. гос. инженер.-эконом. ун-т – Санкт-Петербург, 2012. - 18 с.
7. Ковалев О.С. Задача планирования завоза/вывоза с учетом фактора времени и ее решение для условий логистических систем и систем экспресс-доставки грузов: Дисс. ... кандидата технических наук : 05.22.01./ О.С. Ковалев; Академия гражданской авиации. – Санкт-Петербург, 2005. - 152 с.
8. FedEx Annual Report 2012. FedEx Corporation 942 South Shady Grove Road Memphis, Tennessee 38120 fedex.com [Electronic Resource]. - Mode of access: http://seaphantom.com/pdf/ANNUAL_REPORT_FEDEX_2012.pdf
9. Fleet Utilization - Commercial Air Carriers. ICAO [Electronic Resource]. - Mode of access: <https://portal.icao.int/sta/>
10. Profit and Loss Statement - Commercial Air Carriers. ICAO [Electronic Resource]. - Mode of access: <https://portal.icao.int/sta/>

References

1. Juhta A.S. Rol' uslug jekspress-dostavki v razvitii jelektronnoj trgovli [elektron. resurs] // Teorija i praktika obshhestvennogo razvitija – 2012 – №1. Re-zhim dostupu: <http://teoria-practica.ru/-1-2012/economics/yukhta.pdf>
2. Vol'pina M. Rynok jekspress-perevozok zhdet peremen [elektronnij resurs] // Loginfo – 2006. – №4 (92). Rezhim dostupu: <http://loginfo.ru/issue/92/1194>
3. Grigorak M.Ju., Gabrielova T.Ju., Judenko E.V. Analiz postkrizovih tendencij na rinku ekspres-perevezen' v Ukraini // Visnik SNU im. V. Dalja – 2011. – №5 (159) – Chastina 1. – S. 55-61.
4. Parhomchuk D. Dorogie goncy [elektronnij resurs] // Investgazeta – 2009. – №49 – 14 dek. Rezhim dostupu: <http://www.investgazeta.net/kompanii-irynki/dorogie-goncy-158046/>
5. Savic'ka S.O. Porivnjal'nij analiz dijtal'nosti transnacional'nih kompanij-pereviznikov ta nacional'nih operatoriv [elektron. resurs]. Rezhim dostupu: http://www.rusnauka.com/4_SND_2009/Economics/40328.doc.htm
6. Lashkevich A. A. Modeli upravlenija cepjami postavok jekspress - gruzov: Avtoreferat dis. ... kandidata

jeko-nomicheskikh nauk: 08.00.05 / A. A. Lashkevich; S.-Peterb. gos. inzhener.-jekonom. un-t – Sankt-Peterburg, 2012. - 18 s.

7. Kovalev O.S. Zadacha planirovaniya zavoza/vyvoza s uchedom faktora vremeni i ee reshenie dlja uslovij lo-gisticheskikh sistem i sistem jekspress-dostavki gruzov: Diss. ... kandidata tehniceskikh nauk : 05.22.01./ O.S. Kovalev; Akademija grazhdanskoj aviacii. – Sankt-Peterburg, 2005. - 152 s.

8. FedEx Annual Report 2012. FedEx Corporation 942 South Shady Grove Road Memphis, Tennessee 38120 fedex.com [Electronic Resource]. - Mode of access: http://seaphantom.com/pdf/ANNUAL_REPORT_FEDEX_2012.pdf

9. Fleet Utilization - Commercial Air Carriers. ICAO [Electronic Resource]. - Mode of access: <https://portal.icao.int/sta/>

10. Profit and Loss Statement - Commercial Air Carriers. ICAO [Electronic Resource]. - Mode of access: <https://portal.icao.int/sta/>

Маринцева К.В. Организационно-технологические условия функционирования экспресс-авиаперевозчика

Сегодня практика организации экспресс-перевозок в Украине включает в себя в основном лишь открытие представительств мировых лидеров этого бизнеса. С целью определения возможности создания полноценного экспресс-авиаперевозчика как подсистемы в логистической системе Украины выполнен анализ функционирования авиакомпании FedEx Express, выбранной в качестве прототипа. Охарактеризованы наиболее существенные связи и свойства данной авиакомпании. Определены

структура парка ВС, возможные объемы отправок, закономерности цикличности бизнеса, технологические направления развития.

Ключевые слова: *экспресс-перевозки, авиакомпания, система, прототип, аналог.*

Marintseva K. Organizational and technological conditions of express carrier functioning

Today, the practice of the express transportation organization in Ukraine includes mainly the opening of representations of the world leaders in this business. For create of full-fledged express-airline as a subsystem in logistic system of Ukraine the generally accepted scientific methods application are suggested: prototype method (copy method) and statistical method. It was made the analysis of the FedEx Express functioning which was selected as a prototype. Most significant links and properties of the airline were characterized. The structure of the fleet, possible volumes of shipments, cyclical business pattern, and technological directions of development are described. It is noted that the transition from the prototype to the creation of express-carrier in the context of Ukraine transport system it should be take into account the scale of express services and, accordingly, the necessary production capacity.

Keywords: *express transportation, airline, system, prototype, analog*

Маринцева К.В. – к.е.н., докторант Національного авіаційного університету, м. Київ, Україна, e-mail: kristin22@ua.fm.

Рецензент: Юн Г.М., д.т.н., проф.

Стаття подана 31.07.2013

УДК 656.223.1

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА В УСЛОВИЯХ РОСТА ДИНАМИКИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА

Маслак А.В.

FEATURES OF FUNCTIONING OF INDUSTRIAL RAILWAY TRANSPORT IN TERMS OF PROCESS DYNAMICS GROWTH

Maslak A.

Проанализирована динамика производственного процесса крупного металлургического предприятия. Количественно оценены колебания потоков сырья, полуфабрикатов и готовой продукции. Установлено влияние динамики производства на работу промышленного железнодорожного транспорта, особенно на внешних перевозках. Определены основные факторы эксплуатационного характера в каждом модуле системы переработки внешнего вагонопотока, влияющие на оборот подвижного состава, а также на загрузку технических средств транспорта.

Ключевые слова: динамика производственного процесса, грузопотоки, эксплуатационные факторы, внешние перевозки.

Постановка проблемы. Процессы материалодвижения металлургических предприятий от поступления сырья до отгрузки готовой продукции характеризуются наличием транспортных звеньев, которые в совокупности с производственными цехами и агрегатами формируют производственно-транспортную систему (ПТС). Ведущую роль в этих перевозках выполняет железнодорожный транспорт. Поэтому эффективность функционирования ПТС предприятия в значительной мере определяется уровнем взаимодействия производства и транспорта.

В последний период динамика производственного процесса металлургических предприятий существенно возросла. В первую очередь это касается внешних факторов и связано с действием рыночных механизмов, которые определяют их конкурентоспособность и спрос на продукцию, а также нестабильность при обеспечении компонентами сырья. Значительно возросла аритмия работы магистральных железных дорог и неравномерность подачи сырья.

Кроме того, изменяющиеся объёмы и интенсивность производственных процессов основных переделов (агломерационного, сталеплавильного и прокатного), а также не ритмичная работа внешнего транспорта начинают

оказывать существенное влияние на объёмы и организацию внешнего и внутреннего грузо- и вагонопотоков. Возросшая динамика производственного процесса усугубляется также имеющей место неравномерностью самого транспортно-процесса.

Сложившееся положение крайне неблагоприятно отражается в первую очередь на процессе переработки внешнего вагонопотока. Это приводит к росту продолжительности нахождения (оборота) на предприятиях вагонов внешнего парка (ВП) и платы за их пользование. Так, только в 2006 – 2012 гг. она увеличилась на металлургических предприятиях практически в 2 раза.

Таким образом, на данном этапе возникает весьма важный вопрос оценки влияния динамики производства металлургических предприятий на процесс переработки внешнего вагонопотока с целью обеспечения эффективного взаимодействия производства и транспорта.

Анализ последних исследований и публикаций. На магистральном железнодорожном транспорте колебания транспортных процессов уже воспринимаются как объективная закономерность, а не случайный фактор. В ряде публикаций [1;2;3] при исследовании работы сортировочных станций, транспортных узлов и прилегающих к ним участков уже в полной мере учитывается динамика транспортно-процесса.

Наибольший интерес в этом вопросе представляют работы проф. А.Ф. Бородина, который предлагает использовать метод динамического баланса при оценке перерабатывающей мощности станций, а также метод определения требуемых станционных емкостей [4;5].

Для условий промышленного транспорта, и в частности металлургических предприятий, динамика процесса материалодвижения продолжает учитываться в рамках неравномерности перевозок. В этой связи необходим новый подход к решению

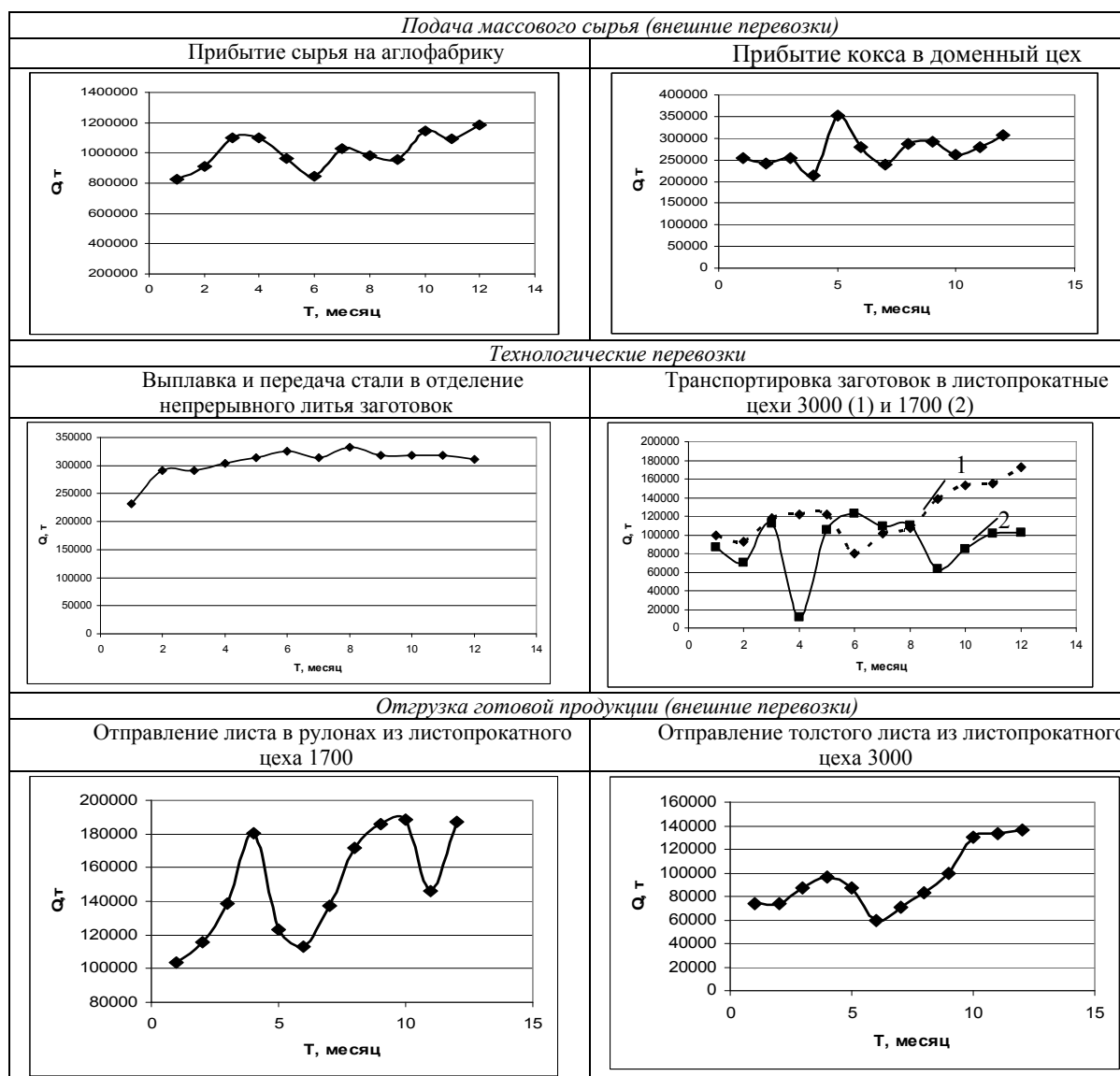
вопросов повышения эффективности взаимодействия производства и транспорта.

Цель. Целью статьи как научного исследования является анализ и оценка динамики производства и её влияние на грузопотоки предприятия и, как следствие,

на пропускную и перерабатывающую способности объектов и технических устройств транспорта металлургических предприятий.

Таблица 1

Характер колебаний внешних и технологических перевозок



Результаты исследований. В качестве базового предприятия для исследований принимается один из наиболее крупных металлургических комбинатов Украины, транспортное обслуживание которого является весьма сложным ввиду наличия двух станций примыкания и крупной грузовой станции.

Был произведен статистический анализ данных объемов производства основных цехов предприятия: агломерационного, доменного, сталеплавильного и листопрокатных: 3000, 1700, ЦХП. Количественно оценены объемы основных грузов прибытия и отправления по каждому переделу, а также определены основные грузопотоки внешних и

технологических перевозок предприятия. В работе проанализирована динамика производственного процесса по каждому месяцу в течение 2012 года, результаты в виде полученных графиков, а также величина колебаний материальных потоков представлены в табл. 1.

Анализ приведенных данных в полной мере подтвердил, что изменение объемов производства, обусловленных его динамикой, существенно отражается на объемах транспортных потоков как на внешних, так и на технологических перевозках.

Наибольшими колебаниями характеризуются объемы подачи массового сырья на аглофабрику, которые в рамках месяца составляют в среднем 362,5 тыс. т. Значительными являются колебания поставок

кокса в доменный цех, составляющие в месячный период до 138,8 тыс. тонн.

Также неравномерность имеет место в отделении разливки стали: объемы поставок литых заготовок в листопрокатные цехи 1700 и 3000 изменяются в размере 112,0 и 92,9 тыс. т соответственно.

Существенными колебаниями характеризуются и объемы отгрузки листового металла в прокатных цехах: ЛПЦ 1700 – 85,2 тыс. т и ЛПЦ 3000 – 76,9 тыс. т.

Колебания объемов производства трансформируются в значительные объемы дополнительной работы. Приведенные к суточной величине вагоно- и поездопотоков объемы дополнительной транспортной работы представлены в табл. 2.

В сложившихся условиях в целом ряде случаев основные станции предприятий, грузовые, принимающие массовое сырьё, и сортировочные, осуществляющие подачу вагонов с готовой продукцией на внешнюю сеть, работают с максимальной нагрузкой: имеет место нехватка маневровых локомотивов для своевременной переработки вагонопотока, предельно загружены технические устройства станций (горловины, парк путей, сортировочные устройства). В отдельные периоды работа станций блокируется.

Таким образом, в наибольшей мере колебания объемов производства, грузо- и вагонопотоков имеют место на входе производственного процесса предприятия и выходе из него. Именно эти транспортные потоки осуществляются вагонами внешнего парка. Учитывая тенденцию роста платы за их пользование, первостепенное значение приобретают вопросы продолжительности переработки вагонов на внешних перевозках в условиях производственной динамики и дополнительного действия сопутствующих транспортных факторов эксплуатационного характера. С этой целью рассмотрим основные маршруты продвижения внешних вагонопотоков и влияние этих факторов на соответствующих этапах перевозочного процесса (рис. 1).

При организации отгрузки готовой продукции (рис. 1, а) вагоны проходят четыре модуля: транспортно-грузовой комплекс (ТГК) выгрузки сырья для агломерационного производства –

транспортный комплекс (ТК) подготовки подбора и подготовки подвижного состава на грузовой станции для прокатных цехов – ТГК погрузки готовой продукции - ТК сдачи вагонов с готовой продукцией на ВС.

При поступлении и выгрузке массового сырья в первом модуле помимо производственной неравномерности в потреблении сырья аглофабрикой постоянно действует мощный транспортный фактор (S_1) – колебания интервалов прибытия маршрутов с внешней сети в течение суток. Существующий выгрузочный комплекс имеет детерминированную величину перерабатываемой способности и не приспособлен к такой неравномерности. Принятая система переработки и выгрузки вагонов не обеспечивает должного взаимодействия приёмных устройств агломерационного производства и транспорта, что приводит к значительным простоям подвижного состава в ожидании выгрузочных операций.

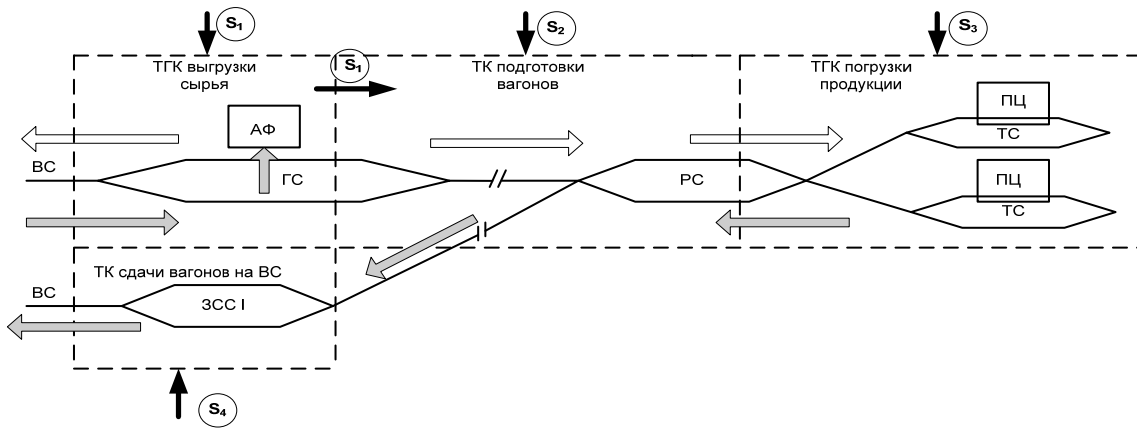
Работа второго модуля связана с накоплением и формированием порожних маршрутов и передач для отправки на ВС и в цеха предприятия. Наличие значительного количества собственников подвижного состава (S_2) предъявляет дополнительные требования к дальнейшему его использованию. Сортировка и накопление вагонов в рассматриваемом модуле производятся по фирмам-операторам, по техническому состоянию вагонов, по номенклатуре отгружаемых грузов, по адресу получателя. Кроме того, работа транспортного комплекса осложнена сгущением интервалов прибытия поездов, что в конечном счёте отражается на перерабатываемой способности станции.

Погрузка готовой продукции в третьем модуле носит специфический характер, обусловленный принципами взаимодействия прокатных цехов и транспорта предприятия. В настоящее время в качестве формы организации взаимодействия применяются временные нормативы (S_3), которые увязывают воедино работу транспорта, технологических агрегатов и грузовых устройств. В настоящее время она построена на принципах жесткой связи и не отражает динамики производственного процесса и сопутствующих эксплуатационных факторов, действующих на ТГК.

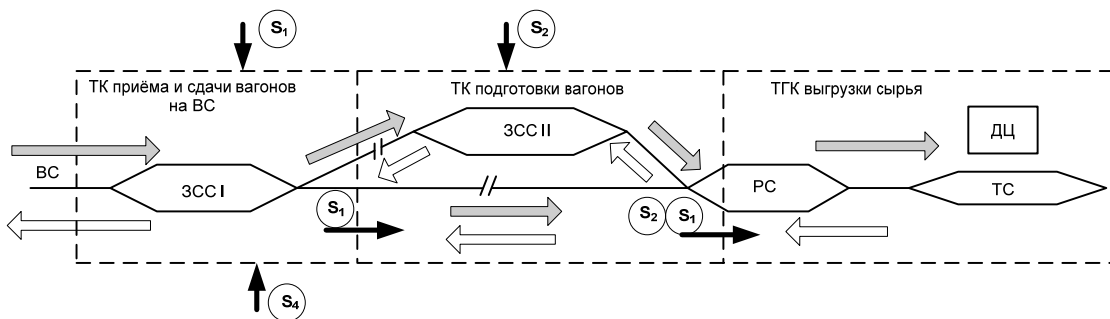
Таблица 2

Суточная величина вагоно- и поездопотоков, связанная с динамикой производства

Грузопотоки	Вагонопоток, ваг/сутки	Поездопоток, марш./сутки
Внешнее прибытие		
1. Сырьё для аглофабрики	170	3
2. Кокс в доменный цех	108	2
Технологические перевозки в спецподвижном составе		
3. Литые заготовки		
- в листопрокатный цех 1700;	57	-
- в листопрокатный цех 3000.	46	-
Внешнее отправление		
4. Отгрузка продукции		
- листопрокатного цеха 1700;	40	
- листопрокатного цеха 3000.	36	2



а



б

Рис.1. Маршруты внешних перевозок: а- двояные операции; б- выгрузка сырья для доменного производства; ЗСС I и ЗСС II – заводские сортировочные станции; ГС – грузовая станция, РС – районная станция; ТС – технологическая станция; ← – порожние вагонопотоки; → – гружёные вагонопотоки; S_1 – транспортные факторы эксплуатационного характера

Сложившаяся ситуация приводит к дополнительному отстою на станциях порожних вагонов перед подачей на грузовые фронта либо на погрузочных путях в прокатных цехах.

Функционирование четвертого модуля связано с работой по принятию со станций предприятия, накоплению и отправлению гружёных поездов на внешнюю сеть. При этом подвод групп гружёных и порожних вагонов осуществляется безотносительно выполнения станцией примыкания магистральной железной дороги плана формирования (S_4). Отсутствие взаимодействия в данном технологическом звене также отражается на продолжительности пребывания подвижного состава в транспортном комплексе и влияет на пропускную способность станционных устройств.

Функционирование четвертого модуля связано с работой по принятию со станций предприятия, накоплению и отправлению гружёных поездов на внешнюю сеть. При этом подвод групп гружёных и порожних вагонов осуществляется безотносительно выполнения станцией примыкания магистральной железной дороги плана формирования (S_4). Отсутствие взаимодействия в данном технологическом звене

также отражается на продолжительности пребывания подвижного состава в транспортном комплексе и влияет на пропускную способность станционных устройств.

Аналогичная ситуация происходит при выгрузке сырья для доменного производства (рис. 1, б). Помимо фактора неравномерности интервалов прибытия, особое значение приобретает фактор собственников подвижного состава, вследствие которого подвижной состав проходит дополнительные сортировки на ЗСС II, как до выгрузочных операций, так и после при формировании порожних маршрутов на внешнюю сеть.

Как показал анализ переработки внешних вагонопотоков, в настоящее время транспорт практически не адаптирован к производственному процессу предприятия. В транспортно-грузовых комплексах выгрузки сырья и погрузки продукции отсутствует синхронизация ритмов работы грузовых и транспортных модулей, а работа транспортных комплексов требует интенсификации внутренних связей модулей и большего организационного взаимодействия с ТГК.

Дальнейшие исследования направлены на решение поставленных вопросов.

Выводы. 1. В последний период динамика производства металлургических предприятий существенно возросла и начала влиять на объемы и организацию грузопотоков, что отражается в первую очередь на процессе переработки внешних вагонопотоков, в связи с чем транспортные издержки возросли здесь практически в два раза.

2. Анализ влияния динамики производства, выполненный по данным одного из крупных металлургических комбинатов по всей цепи материалодвижения, позволил выявить и оценить наиболее неблагоприятные звенья производственного процесса. Установлено, что к ним относятся транспортно-грузовые комплексы производственных цехов; принимающих массовые грузы: аглофабрика (металлосодержащее сырье) и доменный цех (кокс); а также прокатные цеха, отгружающие готовую продукцию.

В процессе переработки вагонопотоков на динамику производственного процесса накладывается неравномерность, имеющая место в транспортном процессе. В совокупности колебания суточного вагонопотока достигают 150 – 170 ед. В связи с указанным грузовые и сортировочные станции, перерабатывающие внешний вагонопоток, работают с максимальной загрузкой технических устройств, остро ощущается недостаток станционных емкостей и маневровых локомотивов.

3. Радикальное решение поставленного вопроса заключается в повышении эффективности взаимодействия производства и транспорта при функционировании транспортно-грузовых комплексов приема сырья и отгрузки продукции на основе перехода на логистическое управление.

Л и т е р а т у р а

1. Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте: Учебник для вузов / П.С.Грунтов, Ю.В.Дьяков, А.М.Макарошкин и др.: под ред. П.С.Грунтова. – М.: Транспорт, 1994г. – 543 с.
2. Железнодорожные станции и узлы / В.М.Акулиничев, Н.В.Правдин, В.Я.Болотный, Н.Е.Савченко; Под ред. В.М.Акулиничева. Учебн. Для вузов ж.д.тр. – М.: Транспорт, 1992. – 480 с.
3. Кочнев Ф. П., Сотников И. Б. Управление эксплуатационной работой железных дорог: учеб. пособие для вузов / Ф.П.Кочнев, И.Б.Сотников. – М.: Транспорт, 1990. – 424 с.
4. Бородин А.Ф., Сотников В.А. Рациональное соотношение вместимости путей станций и вагонных парков с учетом увеличения доли частных вагонов. Железнодорожный транспорт, № 3, 2011. г.Москва. – с. 8-19.
5. Бородин А.Ф. Эффективно использовать станционные мощности. Железнодорожный транспорт, № 9, 2006. – г.Москва. – с. 37-43.

R e f e r e n c e s

1. Upravlenie jekspluacionnoj rabotoj i kachestvom perevozok na zheleznodorozhnom transporte: Uchebnik dlja vuzov /P.S.Gruntov, Ju.V.D'jakov, A.M.Makarochkin i dr.: pod red. P.S.Gruntova. – М.: Transport, 1994g. – 543 p.
2. Zheleznodorozhnye stancii i uzly /V.M. Akulinichev, N.V. Pravdin, V.Ja.Bolotnyj, N.E.Savchenko; Pod red. V.M.Akulinicheva. Uchebn. Dlja vuzov zh.d.tr. – М.: Transport, 1992. – 480 p.
3. Kochnev F. P., Sotnikov I. B. Upravlenie jekspluacionnoj rabotoj zheleznyh dorog: ucheb. posobie dlja vuzov / F. P. Kochnev, I. B. Sotnikov. – М.: Transport, 1990. – 424 p.
4. Borodin A.F., Sotnikov V.A. Racional'noe sootnoshenie vmestimosti putej stancij i vagonnyh parkov s uchetom uvelichenija doli privatnyh vagonov. Zheleznodorozhnyj transport, № 3, 2011. g.Moskva. – P. 8-19.
5. Borodin A.F. Jeffektivno ispol'zovat' stacionnyje moshhnosti. Zheleznodorozhnyj transport, № 9, 2006. – g.Moskva. – P. 37-43.

Маслак Г.В. Особливості функціонування промислового залізничного транспорту в умовах зростання динаміки виробничого процесу

Проаналізовано динаміку виробничого процесу великого металургійного підприємства. Кількісно оцінено коливання потоків сировини, напівфабрикатів і готової продукції. Встановлено вплив динаміки виробництва на роботу промислового залізничного транспорту, особливо на зовнішніх перевезеннях. Визначено основні фактори експлуатаційного характеру в кожному модулі системи переробки зовнішнього вагонопотоку, що впливають на обіг рухомого складу, а також на завантаження технічних засобів транспорту.

Ключові слова: динаміка виробничого процесу, вантажопотоки, експлуатаційні фактори, зовнішні перевезення.

Maslak A. Features of functioning of industrial railway transport in terms of process dynamics growth

Production process dynamics of the large-scale metallurgical enterprise has been analyzed. Fluctuations of volumes of raw materials, semi-finished and finished products, have been quantitatively estimated. Influence of production process dynamics on industrial railway transport operation (especially at external transportations) has been established. Within each module of the system of external freight cars flow handling, the main factors of operational background, which influence the rolling stock circulation as well as capacity utilization of technical means, have been identified.

Key words: production process dynamics, freight flows, factors of operational background, external transportations.

Маслак Г.В. – к.т.н., доцент кафедри промислового транспорту, ДВНЗ «ПДТУ», м. Маріуполь, Україна, e-mail: avmaslak@mail.ru

Рецензент: Парунакян В.Э., д.т.н., проф.

УДК 656.3

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СООТНОШЕНИЯ ОБЪЁМОВ ПЕРЕРАБОТКИ ВАГОНПОТОКОВ И ВМЕСТИМОСТИ ПУТЕЙ СТАНЦИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Маслак А.В., Кирицева Е.В., Парунакян В.Э.

THE GUIDELINES FOR DETERMINING THE RATIO OF TRAFFIC VOLUMES PROCESSING CAPACITY OF RAILWAY TRACKS OF METALLURGICAL INTERPRISES.

Maslak A.V., Kiritseva E.V., Parunakjan V.E.

Определены факторы, влияющие на эксплуатационную деятельность станций металлургических предприятий, совокупное действие которых приводит к несоответствию вместимости путевого развития станций и размеров вагонного парка. На примере грузовой станции установлены принципы определения соотношения объёмов переработки вагонопотоков и станционной ёмкости путей. В качестве критериев эффективной работы промышленной станции принимаются необходимый и существующий коэффициент соотношения ёмкости путей и вагонного парка.

Ключевые слова: промышленная станция, факторы эксплуатационного характера, вагонный парк, ёмкость путей станции.

Постановка проблемы. Внутризаводские станции являются важнейшим элементом эксплуатационной структуры железнодорожного транспорта металлургических предприятий. Они играют важную роль в организации информационно-управляющего обеспечения перевозочного процесса предприятий, поточной технологии, а также эффективного взаимодействия с производственными переделами, цехами и агрегатами при их транспортном обслуживании. Работа станций предопределяет качество, надёжность и безопасность всей транспортной работы. В этой связи транспортное обслуживание производственного процесса крупного металлургического комбината осуществляют до 20-25 железнодорожных станций.

По своему функциональному назначению и роли в перевозочном процессе станции предприятий классифицируются на сортировочные (основные), грузовые, районные и технологические (специальные) [1]. Совершенствование работы всех видов станций, особенно грузовых и сортировочных, представляет собой значительный резерв снижения транспортных издержек, а следовательно, и производственные затраты.

Основным конструктивным элементом, определяющим эксплуатационные показатели

станции, является их путевое развитие, которое характеризуется числом и полезной длиной путей в основных парках. От этих характеристик зависит ёмкость станции – максимально возможное число вагонов, которое одновременно может находиться на станции при сохранении ее работоспособности. Кроме того, этот показатель играет важную роль в ее перерабатывающей способности, т.е. числе вагонов, которое может быть переработано за сутки.

Следовательно, поддержание ёмкости путей станции на уровне, обеспечивающем выполнение заданных производством объёмов переработки вагонопотока, является первоочередной задачей.

В настоящее время на металлургических предприятиях основные станции, определяющие работу транспорта и построенные ряд десятилетий назад, уже не обеспечивают по своей пропускной и перерабатывающей способности существенно возросших требований производства по объёму и качеству переработки вагонопотока.

Положение особенно усложнилось с переходом на рыночные механизмы хозяйствования, когда радикально изменились формы взаимоотношений предприятий и магистральных железных дорог и взамен нормы простоя была введена плата за продолжительность использования вагонов внешнего парка (ВП).

В этот период на предприятиях до минимума сократились производственные запасы, возросли требования к качеству и срокам поставки сырья и отгрузки готовой продукции.

В связи с указанным усилилась аритмия производственного процесса, что привело к рассогласованию режимов работы производства и транспорта. Следствием данного положения явилось возникновение целого ряда непрогнозируемых внешних и производственных факторов, воздействующих на работу станций, что обусловило

значительное увеличение динамики их работы (рис. 1).

Одними из таких весомых факторов стало увеличение неравномерности перевозочного процесса в условиях функционирования большого числа собственников подвижного состава, которое привело



Рис. 1. Внешние и внутренние факторы, оказывающие влияние на станционные процессы

Известно, что при переработке вагонопотока с ним проводятся технологические операции, время на выполнение которых ($t_{\text{техн}}$) нормируется, а также происходит ожидание выполнения последующих технологических операций, время которых ($t_{\text{ож}}$) носит вероятностный характер и зависит от влияния отдельно взятых факторов или их групп. Эти составляющие образуют общую продолжительность переработки вагонов на станциях промышленных предприятий:

$$t_{\text{об}} = \sum t_{\text{техн}} + \sum t_{\text{ож}}, \text{ час} \quad (1)$$

Так, общее нормативное время технологических операций по переработке вагонопотока по крупной сортировочной станции металлургического предприятия составляет 6 часов, в то же время фактическое время нахождения вагонопотока на станции колеблется в пределах 9,6 – 12,4 часов. Для грузовой станции эти же показатели составляют 5,6 часа и 7 – 10,2 часа соответственно.

В связи с указанным значительно возрастает продолжительность пребывания вагонов внешнего парка и, соответственно, плата за их использование. Так, за последние пять лет она увеличилась почти в 1,8 раза и достигла 80 млн грн в год по базовому металлургическому комбинату [2].

Однако, несмотря на складывающееся положение с ёмкостью путей промышленных станций, существенных радикальных мероприятий на предприятиях не проводится. Одной из причин данного положения является отсутствие технологических нормативов, связывающих фактический объём работы станции, определяемый

к деформации технологических процессов переработки вагонопотока и, как следствие, к увеличению их продолжительности.

количеством переработанных вагонов, и ёмкость её путевого развития.

Анализ последних исследований и публикаций. В последние годы на магистральных железных дорогах соотношение вместимости станционных путей и перерабатываемого вагонного парка существенно уменьшается. Это обусловлено ростом объёмов погрузки и выгрузки грузов и общего грузопотока дорог при имеющем место сокращении станционных ёмкостей.

Сложившееся положение приводит к ухудшению практически всех основных качественных показателей работы железных дорог и в первую очередь к росту оборота грузового вагона.

В этой связи магистральные железные дороги активно работают над совершенствованием существующих нормативов соотношения вместимости путей станций и вагонных парков. Из числа публикаций по результатам этой работы наибольший интерес представляет статья профессоров А.Ф. Бородин и Е.А. Сотникова [3].

В ней на основе анализа влияния размещения вагонного парка на эксплуатационную работу железных дорог и оценки действия других факторов предлагается методика определения технологических нормативов рационального соотношения вагонных парков и вместимости путей станций различного функционального назначения.

На промышленном транспорте, и в частности на железнодорожном транспорте металлургических предприятий, такие нормативы не установлены вообще. Однако необходимость установления такого показателя для условий металлургических предприятий становится все более очевидной.

Специфика перевозочного процесса, предприятий, виды станций, их функции и размещение не позволяют в полной мере использовать принятую методику и технологические нормативы соотношения вагонных парков и емкости путей станции магистральных железных дорог для условий промышленного транспорта.

В этой связи необходимо в первую очередь обозначить и оценить влияние всех основных факторов на соотношение емкости путей станций и величину вагонотока, а затем определить методические подходы к расчету такого показателя для условий предприятий.

Цель. Разработка основных принципов обоснования соотношения объемов переработки вагонотоков и вместимости путей станций предприятий.

Результаты исследований. Как отмечалось выше, работа промышленных станций находится под влиянием различных эксплуатационных факторов. Рассмотрим эти факторы подробнее.

1. Возросшая неравномерность перевозочного процесса. Данный фактор носит двойственный характер: с одной стороны, неравномерностью характеризуются внешние по отношению к промышленному предприятию вагонотоки (сгущённое прибытие на заводские грузовые и сортировочные станции поездов с массовым сырьём), с другой - неравномерность, а также динамика производственного процесса, порождают технологическую неравномерность перевозок внутри предприятия. Внешнюю неравномерность в значительной мере погашают ЗСС и грузовые станции предприятий, которые принимают, сортируют и подают под выгрузку вагоны внешнего парка. Технологическая неравномерность воздействует на районные и технологические станции предприятий, так как они испытывают частичное воздействие внешней неравномерности и колебания погрузочно-выгрузочных операций в производственных цехах.

2. Динамика производственного процесса. В последний период динамика производственного процесса металлургических предприятий существенно возросла. В первую очередь это касается внешних факторов и связано с действием рыночных механизмов, которые определяют их конкурентоспособность и спрос на продукцию, а также нестабильность при обеспечении компонентами сырья. Значительно возросла аритмия работы магистральных железных дорог и неравномерность подачи сырья.

Изменение объемов производства, обусловленных его динамикой, первым делом отражается на объемах транспортных потоков, как на внешних, так и на технологических перевозках. Наибольшими колебаниями объёмов производства характеризуется агломерационный передел, меньшими - сталеплавильный передел.

Указанное приводит к значительным объемам дополнительной транспортной работы, которая характерна для сортировочных и грузовых станций и частично для районных станций предприятий.

3. Наличие большого количества фирм-операторов собственников подвижного состава. Тарифные условия перевозки порожних частных вагонов в настоящее время таковы, что после выгрузки их сортируют и заадресовывают не только в зависимости от типа кузова, категории годности под погрузку, принадлежности определённому оператору подвижного состава, но и в зависимости от тарифного класса ранее перевозимого груза. В связи с этим существенно изменились продолжительность и технология продвижения порожних и гружёных вагонных струй по полигону железнодорожной сети промышленных предприятий. В большей мере это коснулось станций (ЗСС, грузовые), осуществляющих сортировку и подбор вагонов под погрузку в прокатные цеха, а также формирование порожних маршрутов на внешнюю сеть.

4. Необходимость реализации станциями дополнительных функций. Основные компоненты схемы путевого развития промышленных предприятий – станции и перегонные пути – имеют достаточно тесную функциональную и структурную взаимосвязь с вагонотоками. Перенасыщение поездами входных и распределительных станций предприятий приводит к нарушению эксплуатационной работы не только станции, но и взаимодействия с производственными цехами, а также со смежными видами транспорта. Это обстоятельство приводит к тому, что станция выполняет ряд дополнительных функций, которые не вписываются в её технологическую работу по переработке вагонотока, что в первую очередь отражается на продолжительности межоперационных простоях и эксплуатационных показателях.

5. Техническое состояние внешнего вагонного парка. В последний период наблюдается стабильное ухудшение технического состояния вагонов внешнего парка, подаваемых на предприятия. Данный фактор непосредственно влияет на сортировочную работу грузовой или сортировочной станции, функциями которых является подбор порожних вагонов под отгрузку готовой продукции. Так как экспорт металлопродукции требует полностью исправного подвижного состава, обеспечение перевозочного процесса становится сложной задачей железнодорожного транспорта.

6. Устаревшие схемы путевого развития станций промышленного предприятия. Данный фактор особенно остро стал влиять в существующих условиях динамики производственных и транспортных процессов. Известно, что в 1990-х годах в период спада производства большинство промышленных предприятий произвело сокращение ёмкости путевого развития путём упрощения станционных схем, при этом малодейственные тупики и вытяжные пути были и вовсе ликвидированы. Это не могло не отразиться на продолжительности переработки и продвижении вагонотока по станциям промышленных предприятий в условиях роста (с 2003 г.) экономики.

Таким образом, станции металлургических предприятий работают в очень сложных производственных условиях – динамика

вагонопотоков, острейшая нехватка станционных емкостей, станции не реконструируются, продолжительность пребывания подвижного состава увеличивается – это приводит к росту транспортных издержек и производственным потерям. В связи с этим назревает необходимость обоснования нормативов работы станции металлургических предприятий в новых условиях функционирования.

Разработка принципов определения соотношения объёмов переработки вагонопотоков и вместимости путей станции осуществляется с использованием общих положений методической документации, принятой для магистральных железных дорог, на основе учёта специфических условий работы станций металлургических предприятий.

На первом этапе рассмотрим работу грузовой станции базового металлургического предприятия.

При заданном путевом развитии техническом оснащении и технологии работы станции величину вагонных парков и потребную технологическую емкость путевого развития определяют следующие показатели:

- количество вагонов, прибывающих с внешней сети на станцию для переработки и выгрузки;
- количество местных вагонов, прибывающих на станцию для выгрузки;
- количество транзитных вагонов, проходящих станцию без переработки;
- количество порожних вагонов, отправляемых после выгрузки на внешнюю сеть в формируемых маршрутах;
- количество порожних вагонов, отправляемых после выгрузки на внутризаводские станции для погрузки готовой продукции.

По этим исходным данным для станции определяются технологически задействованный парк вагонов ($V_{техн}$, ваг.часы) и технологически необходимая емкость путевого развития ($\Pi_{техн}$, вагонов).

Для определения рационального соотношения перерабатываемого вагонного парка и вместимости путей грузовой станции рассчитывается баланс вместимости путевого развития. В общем виде такой баланс приведен на рис. 2.

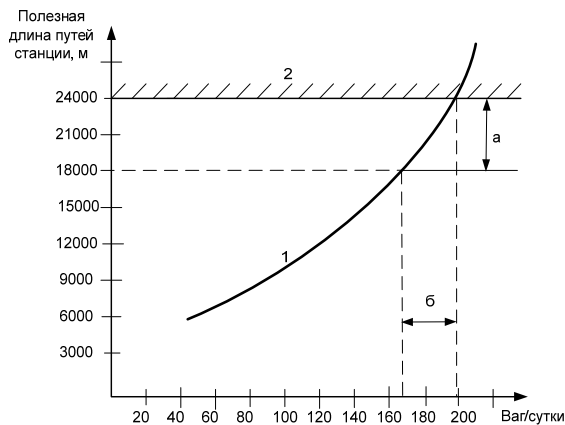


Рис.2. Баланс емкости путевого развития грузовой станции предприятия: 1 – емкость путей, технологически необходимая станции в зависимости от вагонопотока; 2 – емкость путей станции

фактическая; а – емкость станции, занятая вагонами в связи с их простоями и межоперационными ожиданиями; б – потери перерабатывающей способности станции

С ростом вагонопотока прибытия (в приведенном значении объема) не линейно возрастает технологически необходимая емкость путей для обеспечения его переработки ($\Pi_{техн}$). При постоянной величине фактической емкости путевого развития грузовой станции ($\Pi_{факт}$) резерв емкости уменьшается $\Delta\Pi = \Pi_{факт} - \Pi_{техн}$.

Вместе с этим с увеличением емкости путей, занятых вагонами в простое ($\Pi_{прост}$), снижается величина вагонопотока, который может быть переработан и выгружен без задержек, и возрастают потери общей перерабатывающей способности станции.

В общем виде необходимое соотношение вместимости путей и количества перерабатываемых вагонов для грузовой станции в зависимости от приведенного объема работы (А) определяется по формуле:

$$\varphi_{необх} = \frac{[\Pi_{техн}(A) + \Pi_{пер}(A)]}{[B_{техн}(A) + B_{пер}(A)] \times \omega}, \quad (2)$$

где $\Pi_{пер}$ – емкость путевого развития, используемая для переработки и выгрузки прибывающего числа вагонов $V_{пер}$;

ω – отношение средневзвешенной длины физического вагона на станции к длине условного вагона, т.е. $\omega = l_{ср.ф.}/l_{ус}$;

А – приведенный объем работы станции, определяется с учётом функций и эксплуатационных особенностей её работы.

Величина коэффициента существующей потребности путевого развития на грузовой станции определяется по выражению:

$$\varphi_{сущ} = \frac{(\Pi_{факт} - \Pi_{прост})}{(B_{сум} - B_{прост}) \times \omega}, \quad (3)$$

где $\Pi_{факт}$ – фактическая емкость путевого развития станции, условных вагонов;

$\Pi_{прост}$ – емкость путевого развития, занятая груженными вагонами при их простое и межоперационных ожиданиях, условных вагонов;

$B_{сум}$ – суммарное число вагонов на станции, включая прием, переработку, подачу на выгрузку, межоперационные ожидания и простои, ваг.час;

$B_{прост}$ – число груженых вагонов в простое и на межоперационных ожиданиях, ваг.час.

В случаях, когда $\varphi_{сущ} \geq \varphi_{необх}$, фактическое заполнение путевого развития обеспечивает эффективное использование перерабатывающей способности и высокий уровень качественных показателей работы грузовой станции.

В противном случае уровень перерабатывающей способности станции не обеспечивает выполнение заданного объема приема, переработки и выгрузки маршрутов с сырьем и ухудшаются все качественные показатели эксплуатационной работы станции.

Избыточное насыщение станции вагонами приводит к исключению из эксплуатационной работы

части ее путевого развития и существенно снижает возможности станции по переработке и выгрузке вагонов.

На основе вышеизложенного в качестве принципов определения соотношения объемов переработки вагонопотоков и вместимости путей станции предприятий принимаются следующие:

1. Исследование динамики вагонопотоков промышленной станции и установление технологического парка вагонов.

2. Определение ёмкости путей станции.

3. Определение приведенного объёма работы станции.

4. Определение необходимого и существующего коэффициентов соотношения ёмкости путей и вагонного парка.

На основе указанных принципов должно осуществляться комплексное исследование работы основных станций металлургических предприятий и разработка нормативов соотношения вместимости путевого развития и вагонных парков.

Выводы.

1. Возросшая динамика производственного процесса, а также воздействие таких факторов, как неравномерность перевозочного процесса, наличие большого количества фирм-операторов и др., привели к усложнению работы станций, что отразилось в первую очередь на продолжительности переработки вагонов внешнего парка. Рассмотренные факторы показали существенный дисбаланс между объемами переработки вагонопотоков и фактической вместимостью станционных путей. В то же время на промышленном транспорте отсутствуют нормативы соотношения вагонных парков и ёмкости путей сортировочных, грузовых, районных и технологических станций.

2. Установлены принципы метода определения соотношения объемов переработки вагонопотоков и вместимости путей станции металлургических предприятий. Это позволит количественно оценить эти показатели и дать предложения по реконструкции станций и в целом транспортной схемы промышленных предприятий.

Литература

1. Баландюк Г. С. Технология работы железнодорожного транспорта металлургических заводов / Г. С. Баландюк, Я. М. Куртуков. – М.: Металлургия, 1985. – 256 с.

2. Парунакян В.Э. Основные принципы формирования логистической системы производственно-транспортного комплекса промышленных предприятий / В.Э.Парунакян // Вестник Восточноукр. нац. ун-та им. В. Даля. – Луганск, 2010. №10 (152), ч. 1. – с. 159-173.

3.Бородин А.Ф., Сотников В.А. Рациональное соотношение вместимости путей станций и вагонных парков с учетом увеличения доли частных вагонов.

Железнодорожный транспорт, № 3, 2011. г.Москва. – с. 8-19.

References

1. Balandyuk G.S. Tehnologija raboti zheleznodorozhogo transporta metallurgicheskikh zavodov/G. S. Balandjuk, Ja. M. Kurtukov. – M.: Metallurgija, 1985. – 256 s

2. Parunakjan V.Je. Osnovnye principy formirovanija logisticheskoy sistemy proizvodstvenno-transportnogo kompleksa promyshlennyh predpriyatij / V.Je.Parunakjan //Vestnik Vostochnoukr. nac. un-ta im. V. Dalja. – Lugansk, 2010. №10 (152), ch. 1. – s. 159-173.

3. Borodin A.F., Sotnikov V.A. Racional'noe sootnoshenie vmestimosti putej stancij i vagonnyh parkov s uchetom uvelichenija doli privatnyh vagonov. Zheleznodorozhnyj transport, № 3, 2011. g.Moskva. – P. 8-19.

Маслак А.В., Кирицева Е.В. Основні принципи визначення співвідношення обсягів переробки вагонопотоків і місткості шляхів станцій металургійних підприємств

Визначено чинники, що впливають на експлуатаційну діяльність станцій металургійних підприємств, сукупна дія яких призводить до невідповідності місткості колійного розвитку станцій і розмірів вагонного парку. На прикладі вантажної станції встановлено принципи визначення співвідношення переробки вагонопотоків і станційної шляхів. Як критерії ефективної роботи промислової станції приймаються необхідний і існуючий коефіцієнт співвідношення шляхів і вагонного парку.

Ключові слова: промислова станція, чинники експлуатаційного характеру, вагонний парк, місткість шляхів станцій.

Maslak A., Kiritseva E. The guidelines for determining the ratio of traffic volumes processing capacity of railway tracks of metallurgical enterprises.

The factors, which influence the operational activity of the stations of metallurgical enterprises, are determined, and their cumulative effect leads to a mismatch of capacity stations and sizes of rolling stock. On the example of cargo station guidelines for determining the ratio of traffic volumes and the processing capacity of the station tracks were set. As the criteria for the effective operation of industrial station, the necessary and the current ratio of tank tracks and rolling stock is taken.

Key words: industrial station, the factors of an operational nature, rolling stock, capacity of railway tracks.

Маслак Г.В. – к.т.н., доцент кафедри промислового транспорту, ДВНЗ «ПДТУ», м. Маріуполь, Україна, e-mail: avmaslak@mail.ru

Кирицева Е.В. – асистент кафедри промислового транспорту, ДВНЗ «ПДТУ», м. Маріуполь, Україна, e-mail: elena633@rambler.ru

Парунакян В.Е. – д.т.н., професор, завідувач кафедри «Промисловий транспорт», ДВНЗ «ПДТУ», м. Маріуполь, Україна, e-mail: parunakjan@mail.ru

УДК 621.89

CONSUMPTION COMPARISON OF DIFFERENT MODES OF OPERATION OF A HYBRID VEHICLE

Murad M.A., Alali A.Y., Alrajhi J.A.

СРАВНЕНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ГИБРИДНОГО АВТОМОБИЛЯ

Мурад М.А., Альали А.Ю., Альраджи Дж. А.

A test rig representing a hybrid system comprising of an engine unit coupled with a hydraulic dynamometer, a D.C. series motor serving as torquer, an alternator and a battery pack of 10 lead-acid batteries had been used for the performance analysis. The planetary gear drive was incorporated in the transmission in order to have a continuously variable transmission and the possibility of charging the batteries.

An analysis is presented which illustrates the comparison in Kuwait when working in three modes of operation namely all mechanical, all electrical and the hybrid mode. The performance evaluation results in the possibility of avoiding costly field tests and the specific analyses might yield useful rules regarding a control system fitted in the vehicle to obtain the optimum mode according to road conditions.

Key words: *hybrid vehicle, variable transmission, hydraulic dynamometer, planetary gear*

1. INTRODUCTION

Internal combustion engines have been considered major power source for automotive vehicles ever since these were introduced. However, the recent trend, rather inevitable requirement of reduced pollutant emissions and improved performance conditions, had led to the serious consideration of alternative energy sources for transport area.

A number of purely electric vehicles and hybrid vehicles incorporating a conventional i.g. engine and high performance battery system are being developed at a fast pace (1-6, 10-12). The energy economy of electric and hybrid vehicles has been evaluated in

terms of the distance travelled by the vehicle divided by the amount of energy required to travel that distance (7). The performance characteristic of electric and hybrid vehicles are then correlated with factors such as vehicle mass, speed, distance travelled, battery type, and type of components (7, 8).

The present work gives an analysis illustrating the comparison of costs of operations under local conditions in Kuwait, when working in three modes of operation namely all mechanical, all electrical and the hybrid mode. For this purpose a test rig representing a hybrid traction has been used.

2. EXPERIMENTAL APPARATUS

The test rig has been described in detail in Ref. (9). The general layout is given in Fig. (1).

The rig comprised mainly and engine coupled to a step-up manual gear box having four forward speed ratios and one reverse gear ratio. The planetary gear drive consisted of the sun gear driven by the engine and was coupled to the alternator. The annular gear of the planetary train was coupled to the hydraulic dynamometer and another automotive gear box having same speed ratios as for the step-up gear box. On its opposite side, a D.C. machine was coupled across the step-down gear box such that the D.C. machine could be used to carry the total load (purely electrical) or share the load (hybrid).

The electrical equipment consisted of a D.C. series motor (Torquer) having different field resistances, a variable potentiometer, bridge-connected rectifiers, change-over switches, battery bank, external battery charger, and the speeder (Alternator). The electrical circuit is shown in Fig. (2).

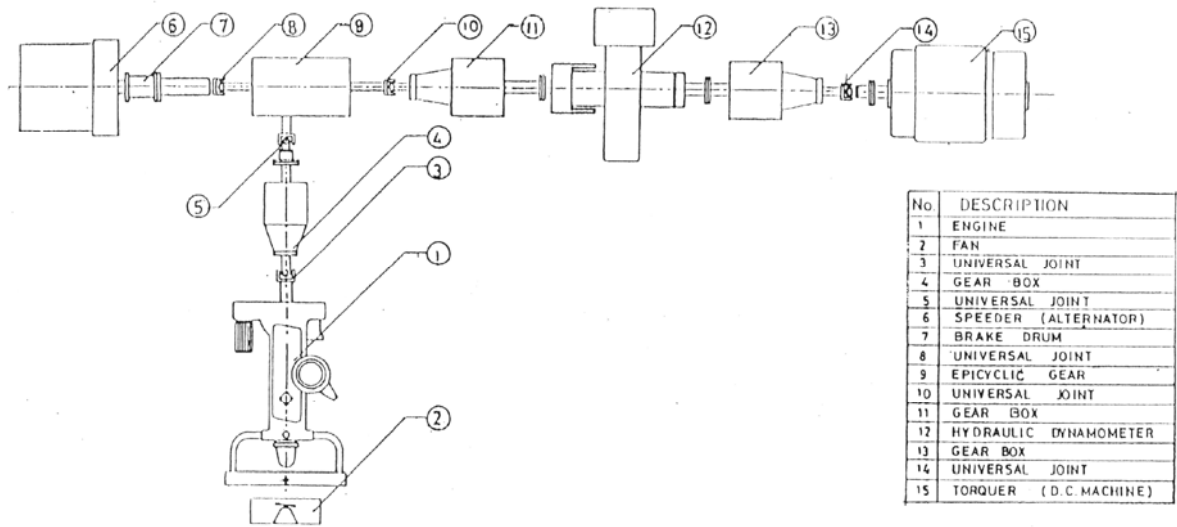


Fig. 1. Test rig layout

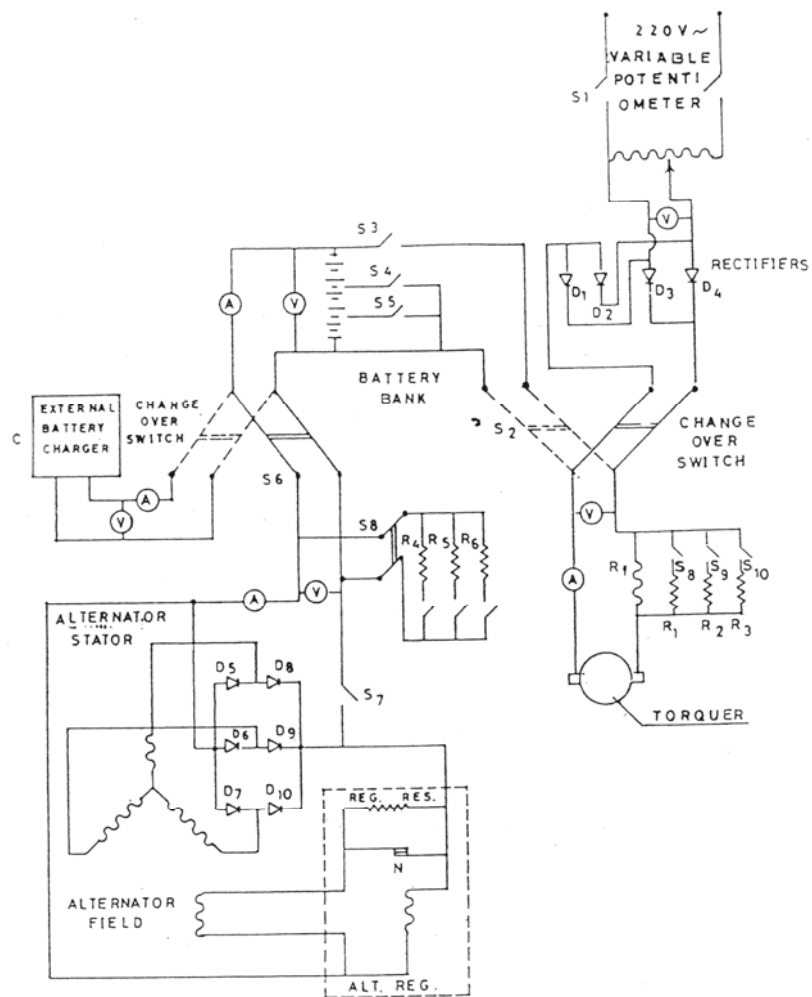


Fig. 2. Circuit diagram for the electrical equipment for pure electrical and hybrid modes

3. CONSUMPTION COMPARISON ANALYSIS

3.1 All Mechanical Mode

It is assumed that the vehicle is running with a constant speed of 50 km/h on the level road for which the computer specific fuel consumption is 7.6 lit/100 km.

Since the petrol cost at the present time in Kuwait is 65 fils/lit the energy cost when using the engine will be 3.04 fils per km.

Evidently this sum gives the fuel cost only irrespective of all other costs such as maintenance, depreciation etc.

3.2 All Electrical Mode

For pure electrical mode, the cost of battery charging has been calculated experimentally. A charger efficiency of 80% generally used for battery charging, was taken as against experimentally obtained value of 73%. The local electrical energy cost of 2 fils/kWh was used to calculate the cost of the charging 10 batteries.

The calculations for the motor power input for a certain speed on the level road at a particular gear ratio and experimentally determined motor efficiency would lead to knowing the current input, discharge current, the discharge time and hence the distance covered by the vehicle.

The cost of electrical energy supplied during that time excluding the cost of battery, motor and control system depreciation could be obtained.

For a particular application the electrical energy cost comes out to be only 22.35% of the cost of petrol.

3.3 Hybrid Mode

From the engine performance characteristics at full load that were obtained experimentally, the minimal fuel consumption ranges between 2300-4200 R.P.M. Thus the hybrid vehicle can be made to operate economically for a careful selection of rotational speeds within this range.

In case the vehicle is being operated under these circumstances, the power required is less than what is produced by the engine. The extra power could be usefully employed to operate the alternator to charge the batteries.

$$\text{Thus } P_{br} = P_e = P_x \quad (1)$$

where P_{br} = Brake power at full load (kW)
 P_e = Engine power (kW)
 P_x = Extra power (kW)

As a consequence of road resistance, the power required by the vehicle would be less than that produced by the engine. The required extra power would then be supplemented by the torquer operated by batteries while still running the engine in the economical mode.

$$\text{Thus } P_r = P_e + P_x \quad (2)$$

where P_r = required power to drive the vehicle (kW)

$$P_e = \text{Engine power} \quad (\text{kW})$$

$$P_x = \text{Extra power} \quad (\text{kW})$$

If the power required to drive the vehicle is equal to the economical power, then alternator and torquer are not functioning at all.

$$\text{Thus } P_e = P_r \quad (3)$$

where P_e = Engine power, (kW)
 P_r = Required power (kW)

In order to evaluate the economy of the hybrid mode operation, a procedure is adopted which is described herein and the respective stepwise calculations are also presented.

The engine power required to drive the car on level road is determined for the selected speeds of 2300, 2600, 3000, 3400, 3900, and 4200, R.P.M. within the economical range as mentioned before.

The difference of brake power at full load and that required to drive the car at level road gives the extra power available that can be utilized through alternator, battery, torquer and finally to the wheels.

The mass rate of fuel consumption for this extra power (from engine to alternator, considering mechanical efficiency only) is obtained. This extra power is then transferred to the wheels considering alternator, battery and torquer efficiencies. The new brake specific fuel consumption termed as B.S.F.C._{actual} for this extra power is then obtained.

The brake specific fuel consumption under partial load condition, B.S.F.C._{partial}, can be compared with that already obtained as B.S.F.C._{actual} to give an assessment of the saving in fuel consumption due to hybrid mode.

The values of brake power for the full load operation corresponding to the selected speeds as in Column 1 of Table (1) have been obtained experimentally and presented in Column 2 of the Table. The corresponding values of brake mean effective pressure and those of brake specific fuel consumption are given in Columns 3 and 4 of Table (1), respectively.

In order to obtain the engine power required to run the car at different car speeds at level road for the selected engine speeds, the values of car speed and engine power are calculated as follows:

The car speed

$$V = \frac{\pi d_t N_s}{60 i_g \cdot i_b} \quad (4)$$

where V = Car velocity (km/h)

d_t = Effective tyre diameter (m)

i_g = Gear ratio (final drive)

i_b = Back axle ratio

The values of velocity, V , thus calculated for selected speeds are tabulated in Column 5 of the Table (1).

The engine power for the selected car speeds is obtained as

$$P_b = \frac{F_R V}{1000 \eta_e} \quad (5)$$

where P_b = Engine power (kW)
 V = Car velocity (km/h)
 F_R = Tractive effort (N)
 η_e = Transmission efficiency

F_R is calculated as
 $F_R = F_r + F_a$ (6)

where F_r = Rolling resistance = $f_r \cdot G$ (7)
 f_r = Coefficient of rolling resistance =

Car weight
 and F_a = Air resistance = $k A V^2$ (8)

where k = Air resistance coefficient
 A = Car frontal area (m²)
 V = Car speed (km/h)

The values of engine power, thus calculated by Eq. (5), are given in Column 6 of Table (1).

Column 7 gives the difference of brake power, ΔP_b , of the values of power at full load in Column 2 and the values in Column 6 of engine required to drive the car on level road. The rate of fuel consumption, M_f , for this extra power, ΔP_b , is calculated as

$$M_f = \Delta P_b \times \text{B.S.F.C.} \quad (9)$$

B.S.F.C. = Brake specific fuel consumption at full load (Column 4)

These values of M_f are tabulated in Column 8.

The actual power available at the wheels, ΔP_b , actual, will be obtained as

$$\Delta P_b \text{ actual} = \Delta P_b \times \eta \quad (10)$$

where η = Efficiency considering the alternator, battery and torquer efficiencies.

These values are tabulated in Column 9 of the Table. The corresponding values of brake specific fuel consumption will be obtained as

$$\text{B.S.F.C. actual} = \frac{M_f}{\Delta P_b \text{ actual}} \quad (11)$$

and are given in Column 10.

e.

If this power, ΔP_b actual, is assumed as a partial load operation, i.e. the engine is running in mechanical mode, then new B.S.F.C. actual can be obtained from the following procedure as:

$$P_b = n \times \frac{\pi d_c^3 L N_e P_m \times 10^3}{4 \times 2 \times 60} \quad (12)$$

where n = number of cylinders = 4
 d_c = cylinder diameter
 L = Engine stroke
 P_m = brake mean effective pressure
 P_b = Engine power

Having obtained the values of P_m from Eq. (12), the values of B.S.F.C. partial are obtained from the performance map, and are tabulated in Column 11 of Table (1)

The percentage saving in the fuel consumption is given in Column 12 of Table (1). It is apparent that a percentage saving of 3.5 to 35.8 percent is achieved, thus making the hybrid mode of operation economically viable.

4. CONCLUSIONS. A cost analysis based on the fuel consumption involving the three operational modes has been done. In the pure mechanical mode, the fuel cost has been considered irrespective of all other costs such as maintenance, depreciation etc. In the electrical mode, the comparable cost excluding the cost of battery, motor and control system depreciation has been computed. It has been shown that the energy cost for purely electrical mode is only 22.35 percent of the cost of purely mechanical mode. This might be due to prevailing cheap electricity rates in Kuwait at present.

Table 1

Saving in Fuel Consumption Under Hybrid Mode

Speed N_e R.P.M.	Brake power P_b kW	P_m Bar	B.S.F.C Kg/kWh $\times 10^{-3}$	Car Velocity v Km/h	Engine power (level road) P_b kW	ΔP_b kW	M_f kg/h	ΔP_b Actual kW	B.S.F.C Actual Kg/kWh $\times 10^{-3}$	B.S.F.C Partial Kg/kWh $\times 10^{-3}$	% Saving
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2300	26.5	8.71	310	65.41	6.2	20.3	5.94	17.25	344	536	35.8
2600	30.5	8.95	300	73.94	8.15	22.35	6.36	18.99	334	520	35.8
3000	35.5	9.05	295	85.32	11.2	24.3	6.78	20.65	328	450	27.1
3400	40.0	8.9	295	95.98	15.11	24.89	6.97	21.15	329	365	9.86
3900	44.0	8.5	295	110.9	22.3	21.7	6.00	18.44	325	350	7.14
4200	46.0	8.25	295	119.4	26.53	19.47	5.45	16.54	329	341	3.5

The cost analysis in the hybrid mode has been evaluated by considering the car performance in the economical speed range where the fuel consumption is minimal. The extra brake power resulting from the difference of power at full load and that required to drive the car at level road can be transferred to the wheels through alternator, battery, torquer and wheels i.e. hybrid mode. A comparison of fuel consumption under the hybrid mode and that under partial load conditions gives a percentage saving up to 35.8 percent thus making hybrid vehicle economically viable.

The results presented by Wipke et al. (7) show that all electric and hybrid vehicles that were tested resulted in energy economy under different conditions. The present analyses are also suggestive of fuel economy under hybrid mode and therefore might lead to useful rules regarding a control system fitted in such a vehicle to obtain the optimum performance under different road conditions.

References

1. N.H. Beachley, A.A. Frank, "Electric and electronic Hybrid Cars- Evaluation and Comparison", SAE Paper 730619, 1973.
2. A. Kalberlah, "Electric and Hybrid, Vehicles in Germany", Proc. I. Mech. E. Vol. 200 No. D. 3, London, 1986.
3. "Electric Vehicles", in Automotive Engineering, pp. 21-25, September 1992.
4. P. Frantzeskakis, T. Krepec, and S. Sankar, "Specific Analysis on Electric Vehicle Performance Characteristic with the Aid of Optimization Techniques", SAE paper 940336, 1994.
5. Rebecca Riley, Mark Duvall, Robert Cabene II, Gregory Eng, Keith Krueztfeldt, & Andrew A. Frank, "Hybrid Electric vehicle development at the University of California, Davis: The Design of ground FX", SAE paper 940340, 1994.
6. Gregory W. Davis, Gary L. Hodges, and frank C. madeka, "The Development and Performance of the Amphibian Hybrid Electric Vehicle", SAE paper 940337, 1994.
7. Keith B. Wipke, Nicole Hill & Robet P. Larsen, "Analysis of Data from electric and Hybrid Electric Vehicle Student Competitions", SAE paper 940557, 1994.
8. Ford Motor Company, "1993 Hybrid Electric Vehicle challenge, Rules and Regulations", Ford Motor Company, Dearborn, MI, June 1993.
9. Barsali, S., "A control strategy to minimize fuel consumption of series hybrid electric vehicle" Energy conservation, IEEE Transactions March 2004.
10. Burke, A., Miller, M. "Performance Characteristics of lithium-ion Batteries of various Chemistries for plug-in Hybrid vehicles EVS24, stavanger, Norway, May 2009.
11. "Toyota Hybrid system THS11" Toyota motor corporation Tokyo, May 2003."
12. New Honda Hybrid Beats Toyota in fuel Economy, 2013.
13. Ford Hybrids Getting Update to improve fuel Economy, 2013.

Мурад М.А., Альалі А.Ю., Альраджі Дж. А. ПОРІВНЯННЯ ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ

РЕЖИМІВ РОБОТИ ГІБРИДНИХ АВТОМОБІЛІВ

Випробувальний стенд являє гібридну систему, що складається з блока - двигуна, з'єданого з гідравлічним динамометром. Двигун постійного струму серії DC виступає в якості обертового пристрою, генератор і акумулятор з 10 свинцево-кислотних батарей використаний для аналізу продуктивності. Привід був включений в передачу, щоб мати безступінчасту коробку передач і можливість зарядки акумуляторів.

Представлений аналіз ілюструє в Кувейті порівняння роботи автомобіля в трьох режимах, а саме механічному, електричному та гібридному. Результати оцінки ефективності - це можливість уникнути дорогих польових випробувань і конкретні аналізи, які можуть дати необхідні правила, що стосуються системи управління установкою на транспортному засобі для отримання оптимального режиму в залежності від дорожніх умов.

Ключові слова: гібридний автомобіль, мінлива передача, гідравлічний динамометр, передача.

Мурад М.А., Альалі А.Ю., Альраджі Дж. А. СРАВНЕНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ГИБРИДНОГО АВТОМОБИЛЯ

Испытательный стенд представляет гибридную систему, состоящую из блока - двигателя, соединенного с гидравлическим динамометром. Двигатель постоянного тока серии D.C. выступает в качестве вращающегося устройства, генератор и аккумулятор из 10 свинцево-кислотных батарей использован для анализа производительности. Привод был включен в передачу, чтобы иметь бесступенчатую коробку передач и возможность зарядки аккумуляторов.

Представленный анализ иллюстрирует в Кувейте сравнение работы автомобиля в трех режимах, а именно механическом, электрическом и гибридном. Результаты оценки эффективности - это возможность избежать дорогостоящих полевых испытаний и конкретные анализы, которые могут дать необходимые правила, касающиеся системы управления установкой на транспортном средстве для получения оптимального режима в зависимости от дорожных условий.

Ключевые слова: гибридный автомобиль, переменная передача, гидравлический динамометр, передача.

Murad M.A.- prof., dr. sci. College Of Technological Studies. Department of Automotive & marine Engineering Technology, The Public Authority for Applied Education & Training, Kuwait

Alali A. - prof., dr. sci. College Of Technological Studies. Department of Automotive & marine Engineering Technology, The Public Authority for Applied Education & Training, Kuwait, e mail: amieralali@hotmail.com

Alrajhi J.A. - prof., dr. sci. College Of Technological Studies. Department of Automotive & marine Engineering Technology, The Public Authority for Applied Education & Training, Kuwait

Статья подана 4.07.2013

УДК 656.003

ОРГАНИЗАЦИОННАЯ СТРУКТУРА ГОРОДСКОГО ЦЕНТРА КОНСОЛИДАЦИИ ГРУЗОПОТОКОВ

Николаенко И.В.

ORGANISATION STRUCTURE OF URBAN FREIGHT CONSOLIDATION CENTER

Nikolaienko I.

Рассмотрена проблема моделирования организационной структуры городского центра консолидации грузопотоков как многоуровневой системы с иерархической структурой. Проанализированы основные принципы развития и функционирования городского центра консолидации грузопотоков. Предложена структура системы управления городского центра консолидации в виде ориентированного ациклического графа. Сформулированы уровни сложности решений, принимаемых в городском центре консолидации, и взаимосвязь между ними.

Ключевые слова: городской центр консолидации, иерархическая структура, организация, грузопоток

Постановка проблемы. Одной из основных проблем в городской логистике является неэффективное использование грузовых транспортных средств в муниципальных районах, чему сопутствует усложнение характера городского движения и негативные экологические факторы, такие как загазованность и шум [1]. Более эффективное использование грузовых транспортных средств можно обеспечить за счет обслуживания грузопотоков в городском центре консолидации (urban consolidation center – UCC).

Консолидация поставок, с одной стороны, приводит к уменьшению расстояний, пройденных по улично-дорожной сети. Например, для UCC Стокгольма (Швеция) этот показатель снизился приблизительно на 30%. С другой стороны - увеличивается число связей и усложняется сотрудничество по планированию процедур доставки с целью надежной организации взаимодействия центра консолидации и информационных систем различных предприятий [1,2].

Решение задачи об оптимальной иерархии городского центра консолидации позволяет находить наилучшие решения при максимальной эффективности взаимодействия хозяйствующих субъектов и минимизировать затраты на функционирование логистических цепей поставки грузопотоков в городе.

Анализ последних исследований и публикаций. Иерархические структуры используются при описании различных технических и организационных систем [3,4]. Традиционно в работах по дискретной математике используется понятие сети в виде ориентированного графа с помеченными ребрами. Практический опыт моделирования организационных структур показывает, что классические понятия графов и сетей значительно детализируются для отображения в них дополнительных свойств и параметров изучаемых объектов промышленности [5,6].

При этом не разработан методологический подход к исследованию организационной системы городского центра консолидации грузопотоков как многоуровневой системы с иерархической структурой.

Цель. Целью работы является разработка концептуальных основ организации иерархической структуры городского центра консолидации грузопотоков.

Результаты исследований. UCC – это объект логистической инфраструктуры, который расположен относительно близко к району обслуживания, и обслуживает городской центр, весь город или специальную зону [2]. Центр консолидации объединяет перевозки различных компаний в единую интегрированную логистическую систему (рис. 1).

Также центр обеспечивает хранение, сортировку, консолидацию и разукрупнение и ряд сопутствующих услуг, как, например, бухгалтерский учет, юридическая консультация и брокерство.

Развитие и функционирование городского центра консолидации грузопотоков базируется на следующих основных положениях.

1. Размер, сложность и разнообразие. На территории центра может одновременно обрабатываться более сотни товаров с различными свойствами, характеристиками, условиями хранения и транспортировки.

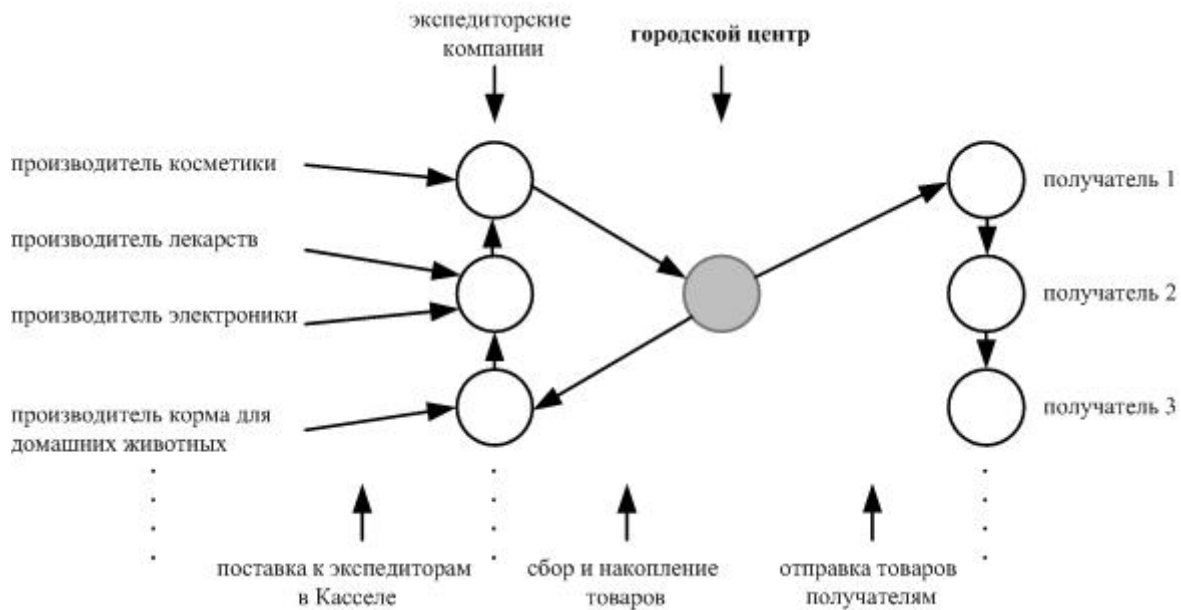


Рис. 1. Пример интегрированной логистической системы с городским центром в Касселе (Германия)

Для обслуживания грузопотоков используются разнообразная погрузочно-разгрузочная и складская техника, а также транспортные средства.

2. Интегрированная система управления. Обработка информации, контроль и управление имеют сложный многосторонний характер, который должен обеспечивать эффективное взаимодействие с предприятиями-клиентами городского центра.

3. Широкий спектр отклика в системе. Центр консолидации, рассматриваемый как динамическая система, подвергается внешним воздействиям с широким спектром параметров и временных факторов.

4. Адаптация к городской транспортной системе. Работа УСС строго согласуется и регламентируется с функционированием городской транспортной системы, поэтому могут возникать расхождения с заранее составленным планом и его фактическим выполнением. Отсутствие координации в таких ситуациях может привести либо к частичным срывам выполнения поставок товаров (из-за недопустимых отклонений параметров от заданных значений), или к чрезмерному увеличению складских запасов.

5. Рентабельность выполняемых услуг. С одной стороны, участие центра консолидации в городских грузовых перевозках позволяет удовлетворить возрастающие потребности промышленности и населения, с другой - рост эффективности городской логистики сопровождается увеличением сложности логистических цепей поставок грузопотоков.

С общесистемной точки зрения рассматриваемый центр консолидации

грузопотоков должен выполнять три основные функции:

1. Общее планирование деятельности.
2. Составление рабочих заданий и координация отдельных видов работ.
3. Управление технологическими процессами.

Эти функции составляют основу для иерархической организации подсистем УСС. При этом структура городского центра консолидации представляет собой множество элементов с попарными связями между ними. Понятие иерархической структуры предполагает несимметричность связей (начальник – подчиненный) и невозможность циклического подчинения, то есть ориентированность графа и его ацикличность (рис. 2).

Управление элементами состоит в некоторой координации их взаимодействий. Например, элементы 1,2,3 подчиняются управляющему центру I, который координирует их связи и отвечает за функцию «Общее планирование деятельности УСС» (рис.2). Управляющие центры I, II и III, в свою очередь, подчиняются управляющему центру высшего уровня U, который координирует общее взаимодействие всех элементов (рис. 2).

Создание организационной структуры городского центра консолидации грузопотоков можно сформулировать как задачу надстройки над технологическим графом дерева. При этом «верхними» узлами дерева будут менеджеры-контролеры отделов и подразделений центра, а «нижними» узлами – вершины технологического графа.

Технологический граф центра консолидации над множеством вершин N может быть представлен в виде ориентированного графа без

петель $T = (N, E_T)$, ребрам которого $(u, v) \in T$ сопоставлены c -мерные векторы $l_T : E_T \rightarrow R_+^c$.

Вершины графа T – это элементарные операции технологического процесса или конечные исполнители. Связь $(u, v) \in T$ означает, что от элемента u к элементу v идет c -

компонентный поток, который может быть представлен в виде:

- материальных потоков;
- информационных и финансовых потоков;
- производственных, административных и технологических связей.

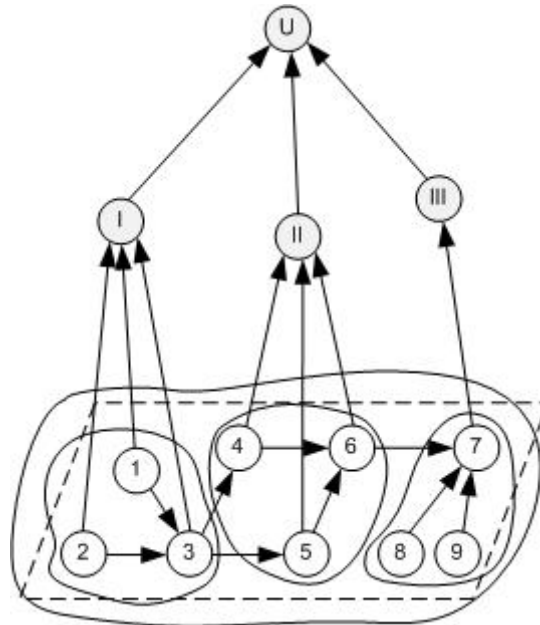


Рис. 2. Общая структура системы управления городского центра консолидации грузопотоков

Интенсивность каждой компоненты потока определяется компонентами вектора $l_T(u, v)$.

Предполагается, что узел v графа организационной структуры центра консолидации контролирует технологические операции только между вершинами подчиненной ему группы технологических операций $g(v)$. Через $l_T(g)$ обозначим суммарную интенсивность потоков внутри группы, то есть $l_T(g) = \sum_{u, v \in g, (u, v) \in E_T} l_T(u, v)$.

Значит, управляющий узел v координирует потоки между подгруппами g_1, \dots, g_k :

$$L_T(v) = l_T(g) - l_T(g_1) - \dots - l_T(g_k). \quad (1)$$

Граф организации $G = (V, E)$ центра консолидации имеет множество управляющих узлов V и множество дуг E , определяющих взаимную подчиненность узлов.

Принимаем, что затраты на функционирование i -го узла организационной структуры городского консолидирующего центра описываются функцией $K(L_i(v)) \geq 0$.

Таким образом, общая стоимость графа организации равна сумме стоимостей функционирования всех его узлов и должна стремиться к минимуму:

$$Z(G) = \sum_{v \in V} K(L_i(v)) \rightarrow \min. \quad (2)$$

Многоуровневое управление центром консолидации предпочтительнее централизованного по нескольким техническим, экономическим и эксплуатационным причинам. Во-первых, текущее руководство осуществляется быстрее. Во-вторых, интегрированная система менее чувствительна к изменениям внутренней структуры взаимодействий в различных функциональных областях УСС.

Для уменьшения неопределенности в системе выделяются уровни сложности принимаемых решений – слои, т.е. определяется совокупность последовательно решаемых проблем. Например, для системы центра консолидации предлагается наличие трех уровней сложности:

1. Верхний третий слой – выбираются структура, функции $p \in P$ и стратегия $s \in S$, используемые на нижележащих уровнях (рис. 3).



Рис. 3. Функциональная многослойная иерархия решений городского центра консолидации

Этот слой должен обеспечить выполнение глобальной цели УСС – эффективное функционирование в заданных городских условиях. Такую цель невозможно свести к раз и навсегда выбранным конкретным действиям в обстановке меняющихся экономических и технологических условий.

2. Второй слой – конкретизируются задачи городского центра и сужается множество неопределенностей и условий функционирования в условиях городской системы $w \in W$.

Неопределенность функционирования УСС связана, в первую очередь, с внешней средой. Под внешней средой в данном случае понимается городская и естественная природная среда в совокупности с действующими на ее территории предприятиями и сформированной улично-дорожной сетью.

3. Первый слой – находится нужный способ действия $t \in M$ по отношению к технологическим процессам и операциям хранения, консолидации, обслуживания транспортных средств, выбора маршрута доставки товаров и т.п. (рис. 3).

Таким образом, множество возможных результатов на выходе $y \in Y$ формируется при реализации выходной функции P в виде отображения $P: M \times W \rightarrow Y$, где M – множество альтернативных действий, а W – множество неопределенностей, адекватно отражающих отсутствие знаний о зависимости между действием t и выходом y .

Аналогично функция стратегии S есть отображение $S: M \times Y \rightarrow$, где – множество величин, которые могут быть связаны с характеристиками качества работы городского центра консолидации грузопотоков.

В целом функция на любом слое иерархии решений центра консолидации должна выбираться таким образом, чтобы быть реализованной с помощью последующей декомпозиции.

Выводы. 1. Организационная структура городского центра консолидации грузопотоков представлена в виде многоуровневой иерархической системы и сформулирована как задача надстройки над технологическим графом внутренних процессов центра.

2. Функциональная иерархия городского центра отображена по трем уровням сложности решений, принимаемых в условиях городской системы.

3. Суммарная стоимость затрат на организацию работы управляющих узлов центра консолидации грузопотоков формируется в зависимости от стоимости контроля всех связей технологического и организационного графов.

Л и т е р а т у р а

1. Koutsopoulos, Haris N. City Logistics for Sustainability. The Case of Stockholm / Haris N. Koutsopoulos, Athanasios Ballis. – Royal institute of technology – February, 2011. – 155 p.

2. Browne, M. Urban Freight Consolidation Centers. Final Report / M. Browne, M. Sweet, A. Woodburn, J. Allen. – University of Westminster for the Department for Transport. – 2 November, 2005. – 185 p.

3. Месарович М. Теория иерархических многоуровневых систем / М. Месарович, Д. Мако, И. Такакура. – М.: Мир, 1973. – 344 с.

4. Асаул А.Н. Формирование и оценка эффективности организационной структуры управления в компаниях инвестиционно-строительной сферы/ А.Н. Асаул, Н.А. Асаул, А.В. Симонов; под ред. А.Н. Асаула. – СПб.: ГАСУ. – 2009. – 258 с.

5. Воронин А.А. Оптимальные иерархические структуры/ А.А. Воронин, С.П. Мишин. – М.: ИПУ РАН, 2003. – 214 с.

6. Овсевич Б.Л. Модели формирования организационных структур. Л.: Наука, 1979. – 160 с.

References

1. Koutsopoulos, Haris N. City Logistics for Sustainability. The Case of Stockholm / Haris N. Koutsopoulos, Athanasios Ballis. – Royal institute of technology – February, 2011. – 155 p.

2. Browne, M. Urban Freight Consolidation Centers. Final Report / M. Browne, M. Sweet, A. Woodburn, J. Allen. – University of Westminster for the Department for Transport. – 2 November, 2005. – 185 p.

3. Mesarovich M. Teorija ierarhicheskikh mnogourovnevnyh system /M. Mesarovich, D. Mako, I. Takahara. – М.: Mir, 1973. – 344 с.

4. Asaul A.N. Formirovanie i ocnka jeffektivnosti organizacionnoj struktury upravlenija v kompanijah investicionno-stroitel'noj sfery/ A.N. Asaul, N.A. Asaul, A.V. Simonov; pod red. A.N. Asaula. – SPb.: GASU. – 2009. – 258 s.

5. Voronin A.A., Mishin S.P. Optimal'nye ierarhicheskie struktury / A.A. Voronin, S.P. Mishin. – М.: IPU РАН, 2003. – 214 с.

6. Ovsievich B.L. Modeli formirovanija organizacionnyh struktur. L.: Nauka, 1979. – 160 с.

Ніколаєнко І.В. Організаційна структура міського центру консолідації вантажопотоків

Розглянуто проблему моделювання організаційної структури міського центру консолідації вантажопотоків як багаторівневої системи з

ієрархічною структурою. Проаналізовано основні принципи розвитку і функціонування міського центру консолідації вантажопотоків. Запропоновано структуру системи управління міського центру консолідації у вигляді орієнтованого ациклічного графа. Сформульовано рівні складності рішень, що приймаються в міському центрі консолідації, і взаємозв'язок між ними.

Ключові слова: міський центр консолідація, ієрархічна структура, організація, вантажопотік

Nikolaienko I. Organisation structure of urban freight consolidation center

In the article the simulation problem of organizational structure of urban freight consolidation center as a multilevel system with a hierarchical structure is considered. Basic principles of development and functioning of urban freight consolidation center are analysed. Development and functioning of urban consolidation center is based on principles of complication, variety and adaptation to a city transport system. The structure of management system of the city center as the oriented acyclic graph is proposed. Creation of organizational structure of urban freight consolidation center as superstructure task on the technological graph is formulated. The functional hierarchy of urban freight consolidation center is represented by three levels of complex decisions, made in the conditions of the city system. Task solution about the optimum hierarchy of urban consolidation center ensures the optimal decisions at maximal efficiency of managing subjects co-operation and minimal costs on supply logistic chains functioning in the city environment.

Keywords: urban consolidation center, hierarchical structure, organization, freight

Ніколаєнко І.В. – к.т.н., доцент кафедри міжнародних перевезень і логістики, ДВНЗ «ПДТУ», м. Маріуполь, Україна, e-mail: iryna.nikolaienko@yandex.ru

Рецензент: Губенко В.К., д.т.н., проф.

Статья подана 14.07.2013

УДК 656.3

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРИЁМА И ВЫГРУЗКИ МАССОВОГО СЫРЬЯ В ТРАНСПОРТНО-ГРУЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ АГЛОФАБРИКИ С УЧЁТОМ ЕГО ДИНАМИКИ

Парунакян В.Э., Сизова Е.И.

MODELLING OF RAW MATERIALS ACCEPTANCE PROCESS WITHIN TRANSPORT-AND-HANDLING SITE OF SINTERING PLANT

Parunakjan V.E., Sizova E.I.

Идентифицированы существующие условия функционирования транспортно-грузовых комплексов металлургических комбинатов, принимающих массовое сырьё, а также выявлены основные причины, вызывающие снижение эффективности взаимодействия транспортного и грузового модуля в рамках этих комплексов. Разработана и описана блок-схема алгоритма технологического цикла приёма и выгрузки железнодорожных составов с сырьём.

Ключевые слова: транспортно-грузовой комплекс, аглофабрика, имитационная модель, алгоритм

Постановка проблемы. Крупные металлургические комбинаты характеризуются значительной потребностью в материальных ресурсах. Основной частью этих ресурсов является металлосодержащее сырьё, которое потребляется агломерационными фабриками с производственной мощностью, достигающей 12 млн. тонн в год. Поэтому доставка сырья осуществляется магистральным железнодорожным транспортом в вагонах внешнего парка (ВП), а для приёма и выгрузки маршрутов аглофабрика оснащена мощным транспортно-грузовым комплексом (ТГК), являющихся элементом производственно-транспортной системы (ПТС) предприятия.

Такой комплекс включает грузовую станцию с гаражами размораживания для приёма и подготовки сырья к выгрузке, а также вагоноопрокидыватели с конвейерными линиями для выгрузки и передачи сырья на усреднительные склады аглофабрики.

Функционально ТГК представляет собой технологическую линию по приёму и выгрузке маршрутов с сырьём, включающую транспортное и грузовое звенья. При этом эффективность работы технологической линии в доминирующем значении определяется показателями: с одной стороны – технической готовностью звеньев, а с другой – уровнем их эксплуатационного взаимодействия.

Анализ показывает, что в настоящее время ТГК действующих аглофабрик работают недостаточно эффективно, поскольку отсутствует чётко налаженное взаимодействие между звеньями технологических линий. Сложилось положение, при котором производственные мощности грузового звена – вагоноопрокидывателей, характеризуемые коэффициентом технической готовности $k_t=0,73-0,82$, реализуются в эксплуатации с коэффициентом использования по времени, не превышающим $k_n=0,43-0,48$.

В то же время, недоиспользование производственных мощностей грузового звена происходит на фоне весьма высокой загрузки технических устройств транспортного звена (а в отдельных случаях и всей грузовой станции), достигающей предельных значений.

Сложившаяся ситуация приводит к значительному увеличению продолжительности переработки вагонов ВП, существенному росту транспортных издержек и производственных потерь [1].

Поэтому повышение эффективности взаимодействия транспортного и грузового звеньев технологической линии по приёму и выгрузке вагонов в ТГК аглофабрики является весьма важной и актуальной задачей.

Сложившееся положение обусловлено тем, что рассматриваемые выгрузочные комплексы проектировались и строились ещё в 1970-х г.г. При этом грузовое звено технологической линии было принято за ведущее, а его перерабатывающая способность была установлена в соответствии с производственной мощностью аглофабрики и реализовывалась двумя стационарными роторными вагоноопрокидывателями с общей эксплуатационной производительностью, составляющей 400-450 вагонов в сутки. При весовой норме поездов прилегающего

участка магістральної залізничної дороги, складової по масі бруто 50-55 вагонів з металосодержащим сиров'язь, планова перероблювальна потужність транспортного ланки була прийнята рівною 450 вагонам або 8 маршрутам, а розрахунковий інтервал їх прибуття склав 2,8-3,2 години.

На цій основі для вантажної станції була сформована проектна технологія перероблювання маршрутів, забезпечуюча штатний режим роботи технологічної лінії та взаємодія її ланок.

Визначений період, завдяки стабільності виробництва та відносно рівномірному підводу маршрутів з сиров'язь з зовнішньої мережі, вантажна станція та вантажний комплекс працювали по проектній технології та перероблювали плановий вагонотік, що забезпечувало роботу вантажної станції в межах заданої норми простою вагонів ВП.

З переходом до ринкових механізмів господарювання та в період кризи радикально змінилися форми взаємодій підприємств та магістральних залізничних доріг, а замість норми простою була введена плата за тривалість використання вагонів ВП. На підприємствах в цей період зросла нерівномірність поставок сиров'язь та до мінімуму скоротилися його запаси, нестабільно характеризуються об'єми випуску та адресність поставок готової продукції. Значительно зросло число операторів-перевозчиків.

В результаті зміцилася ритмічність виробничих процесів, що привело до розгладованню ритмів роботи виробництва та транспорту. Почали стабільно проявлятися зовнішні та

виробничі фактори, що впливають на роботу транспорту в цілому та вантажної станції зокрема. Найбільш суттєвими з них стали постійні та значительні коливання інтервалів прибуття маршрутів з сиров'язь з зовнішньої мережі, а діапазон коливань становить від 0,5-1 до 5-8 годин та більше.

В зв'язі з указаними технологією лінії вантажний комплекс, а також вантажної станції, значительну частину часу (до 80 %) працює в умовах нештатного режиму. Почали суттєво рости міжопераційні очікування та простої маршрутів з вантажем перед вантаженням, збільшилися об'єми маневрової роботи, завантаження технічних пристроїв станції досягла 92-96 % при нормативі, складовому 70 %. В цій зв'язі робота вантажної станції в певні періоди блокується.

Аналіз показав, що одна з основних причин даного положення заключається в тому, що традиційний підхід до оцінки перероблювальних здатностей вантажної станції, прийнятий при її проектуванні, оснований тільки на урахуванні коефіцієнта нерівномірності зовнішнього прибуття. Він не дозволяє в повній мірі оцінити динаміку процесу прийому перероблювання маршрутів та не відповідає ускладненим вимогам [2].

Дане обставина свідчить про необхідність нового підходу до визначення перероблювальних здатностей технологічної лінії по прийому та вантаженню маршрутів з сиров'язь та вантажної станції в цілому.

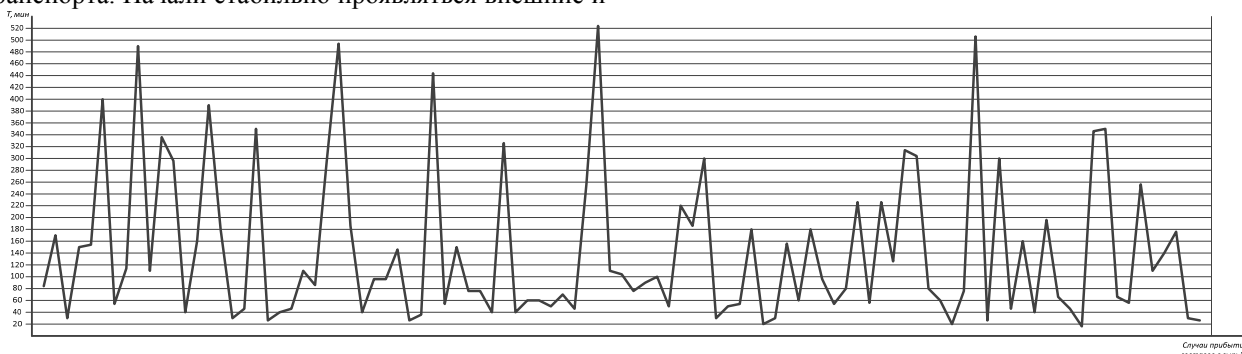


Рис.1. Динаміка зміни інтервалів прибуття складів в ТГК прийому та вантаження масового сиров'язь

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питання впливу динаміки на пропускну здатність залізничних станцій магістральних залізничних доріг та розробка нових підходів до методів її розрахунку отримали відображення в ряді публікацій останніх років [3, 4].

Найбільший інтерес по розглянутому питанню представляє робота проф. А.Ф. Бородин [3], в якій викладені принципи функціонального підходу та урахування динаміки при дослідженні роботи станції. В статті пропонується новий підхід до визначення необхідних станційних потужностей з урахуванням динамічного фактора.

Заслужує уваги робота авторського колективу під ред. проф. Грунтова [4], один з основних розділів якої присвячений питанням управління та технології роботи станцій в умовах зростаючої динаміки транспортного процесу.

Особливий інтерес ці роботи представляють тим, що при розгляді нових підходів, що враховують динаміку транспортних потоків, велику увагу приділяється питанням моделювання процесів перероблювання маршрутів, зокрема, моделям масового обслуговування та імітаційним моделям.

В той же час, даний питання для умов промислового транспорту досліджено та розглянуто

недостаточно. Поэтому данное направление является весьма перспективным для исследования ТГК приёма и выгрузки сырья предприятий с учётом динамики процесса и его целесообразно развивать применительно к условиям транспорта металлургических предприятий.

Целью статьи является разработка основных подходов к моделированию процесса приёма и выгрузки массового сырья в транспортно-грузовом комплексе агломерационной фабрики металлургического комбината с учётом его динамики.

Результаты исследований. Известно, что ключевую роль в повышении эффективности взаимодействия производства и транспорта играют вопросы, связанные с управлением вагонопотоками. При переработке вагонопотоков в транспортно-грузовых комплексах, они последовательно проходят ряд технологических операций. Эти операции включают приём входящего поездопотока с внешней сети с металлосодержащим сырьём, разделение прибывающих поездов на группы вагонов, их возможную сортировку, надвиг на вагоноопрокидыватели и разгрузку. При этом общая продолжительность времени пребывания вагонов в ТГК (1) может быть представлена в виде двух компонентов: первый представляет собой регламентированное время выполнения технологических операций ($t_{техн}$), а второй – простои, то есть время, в течение которого вагоны ожидают переработки ($t_{ож}$). При этом, второй компонент подвержен воздействию случайных факторов и носит стохастический характер.

$$t = \sum t_{техн} + \sum t_{ож} \quad (1)$$

Таким образом, управление вагонопотоками обеспечивает сокращение потерь, связанных с межоперационными ожиданиями, в пунктах взаимодействия производства и транспорта. В то же время, причинами, вызывающими потери, являются неготовность производственных мощностей к приёму сырья. С другой стороны, существует также транспортный фактор, вызывающий потери, который связан с колебанием интервалов прибытия маршрутов с сырьём, что в отдельных случаях может привести к полному блокированию работы станции, и, как следствие, к значительным задержкам в подаче групп вагонов на вагоноопрокидыватели.

Оперативное управление процессами, протекающими в ТГК, предполагает обеспечение выполнения технологических операций в нормативные сроки, сокращение простоев и межоперационных ожиданий, оптимизацию общего времени пребывания вагонов в ТГК. В то же время управление процессом переработки вагонов в ТГК должно основываться на принципах системного подхода, и обеспечивать заданную перерабатывающую способность при эффективном взаимодействии производства и транспорта с минимальными производственными затратами.

При исследовании и оценке таких сложных технологических условий функционирования ТГК в рамках решения вопросов повышения эффективности взаимодействия производства и транспорта вышеуказанные требования не могут быть реализованы с использованием аналитически моделей системой алгебраических и дифференциальных уравнений и ограничениями на переменные, поскольку они не могут отразить реальный процесс с достаточной степенью достоверности и точности.

Колебания интервалов прибытия маршрутов, взаимодействие в одной технологической линии вероятностного (транспортного) и детерминированного (грузового) звеньев, блокирование работы грузовой станции – можно оценить только путём имитационного моделирования.

Вместе с этим, в настоящее время основные подходы к моделированию сложных потоковых процессов на магистральных железных дорогах базируются на комбинации аналитических решений и компьютерных методов, что в свою очередь позволяет наиболее точно отобразить последовательность технологических операций рассматриваемых процессов [Бородин].

При этом необходимо отметить следующее. Имитационное моделирование даёт возможность моделировать и «проигрывать» в программной среде различные варианты поведения исследуемой системы при тех или иных заданных параметрах, что, в свою очередь, даёт возможность определения их выгодности и установления наиболее оптимальной последовательности внедрения.

Компьютерное моделирование, являясь эмпирическим методом исследования, позволяет получать результаты, но не объясняет их. Разработка и реализация последовательности технологических операций посредством имитационного моделирования недостаточно – поскольку кроме того необходимо знать какие характеристики должны быть получены, а также какие выводы на их основе должны быть сделаны. В то же время, аналитические решения позволяют идентифицировать закономерности связей и взаимозависимость параметров звеньев технологического процесса, что в свою очередь делает возможным целенаправленный отбор эффективных решений.

Таким образом, основываясь на современном опыте исследования потоковых процессов на железнодорожном транспорте, принимаем в основу нашего исследования комбинацию компьютерного моделирования и аналитических методов с целью разработки имитационной модели функционирования ТГК в рамках приёма и переработки внешнего вагонопотока с массовым металлосодержащим сырьём.

Первым и основополагающим этапом в разработке имитационной модели является составление алгоритма реализации процессов, протекающих в рамках ТГК приёма массового сырья.

Сущность процессов, протекающих в рамках ТГК приёма массового сырья, может быть описана следующим математическим выражением:

$$T_{ц} = \max \left\{ \begin{matrix} t_{П(T)}^T \\ t_{П(T)}^T + \sum t_{ож}^T + t_{ТПР}^T \end{matrix} \right\} + \max \left\{ \begin{matrix} t_{В(T)}^{Гр} \\ t_{В(T)}^{Гр} + \sum t_{ож}^{Гр} \end{matrix} \right\} \quad (2)$$

где $t_{П(T)}^T$ – продолжительность выполнения технологических операций по приёму и переработке маршрута с грузом в транспортном модуле, мин.;

$\sum t_{ож}^T$ – продолжительность ожидания последующих операций при приёме и переработке маршрута с грузом в транспортном модуле, мин. ($\sum t_{ож}^T \geq 0$);

$t_{ТПР}^T$ – технологический простой маршрута (трёх групп вагонов) в транспортном модуле в ожидании подачи на выгрузку, мин.;

$t_{В(T)}^{Гр}$ – продолжительность выполнения технологических операций по подготовке и выгрузке вагонов на вагонопрокидывателях, мин.;

$\sum t_{ож}^{Гр}$ – продолжительность ожидания последующих операций при подготовке и выгрузке вагонов, мин. ($\sum t_{ож}^{Гр} \geq 0$).

Поскольку продолжительность технологических операций является детерминированной величиной, а межоперационные ожидания – величинами стохастическими, применительно к условиям функционирования ТГК, считаем целесообразным применение комбинации аналитических решений и метода имитационного моделирования. При этом в рамках разработки модели процесса переработки вагонопотока ТГК ставятся следующие задачи:

– идентификация пунктов возникновения и концентрации межоперационных ожиданий, их величину, а также причин их возникновения;

– идентификация показателей использования технических устройств ТГК (коэффициент загрузки горловины, коэффициент использования, а также коэффициент технической готовности вагонопрокидывателей).

Рассмотрим основы алгоритма, предназначенного для детального анализа процессов приёма и выгрузки массового сырья в ТГК.

ТГК приёма массового сырья структурно представляет собой сложный комплекс одноканальных приборов обслуживания, соответствующих отдельным путям парков, путям надвига и вагонопрокидывателям. В этом комплексе циркулируют заявки различных видов: составы, группы вагонов, поездные и маневровые локомотивы. В то же время указанные заявки могут занимать сразу по несколько приборов, соответствующих технологической последовательности обработки заявки и траектории её перемещения, что в свою очередь является одной из особенностей

обслуживания заявок приборами данного вида. Освобождение приборов осуществляется последовательно через интервалы времени, соответствующие полному проходу заявки (состава, группы вагонов, локомотива) через обслуживающий прибор. При этом возможность освобождения заявкой прибора такого вида определяется рядом условий.

Блок-схема алгоритма процессов по приёму и переработке прибывающего поездопотока с массовым металлосодержащим сырьём в рамках ТГК приведена на рисунке 1.

Особенностью блок-схемы алгоритма является то, что он состоит из нескольких фрагментов, взаимодействующих друг с другом. Каждый фрагмент представляет собой имитацию передвижения определённой группы объектов: железнодорожного состава, принимаемого с внешней сети, групп вагонов с сырьём, подаваемых на выгрузку, маневрового локомотива, осуществляющего цикл передвижений групп вагонов в рамках ТГК. Взаимодействие фрагментов в блок-схеме алгоритма отражает фактическое взаимодействие реальных объектов между собой. Например, занятие путей ПОП станции составом возможно лишь в том случае, если горловина станции свободна, а соответственно, она не занята другим составом. Эта особенность взаимодействия фрагментов блок-схемы алгоритма представляет собой описание враждебностей, когда передвижение одного объекта блокируется занятием соответствующей зоны путевого развития другим объектом. Для имитации такого взаимодействия в алгоритме блок-схемы модели компоновочная структура ТГК отображена в виде сети взаимосвязанных одноканальных СМО.

Взаимосвязь элементов задаётся исходными данными, что позволяет обеспечить достаточно адекватную имитацию процессов занятия и освобождения заявками обслуживающих подсистем, что в свою очередь даёт возможность оценить влияние возникающих межоперационных простоев на основные показатели работы подсистем.

По результатам выполненной работы созданы основы для разработки имитационной модели функционирования ТГК в рамках переработки вагонопотока с металлосодержащим сырьём. Реализация моделирования предполагается в программной среде Matlab R2010b, а в качестве исходных данных для моделирования, помимо разработанного и представленного в рамках данной статьи алгоритма, задаются регламентированная продолжительность выполнения технологических операций, а также законы распределения, описывающие межоперационные ожидания при переработке вагонопотока в рамках заданной технологической траектории. В качестве выходных данных имитационная модель ТГК должна выдавать не только значение межоперационных ожиданий вагонов на различных этапах их переработки,

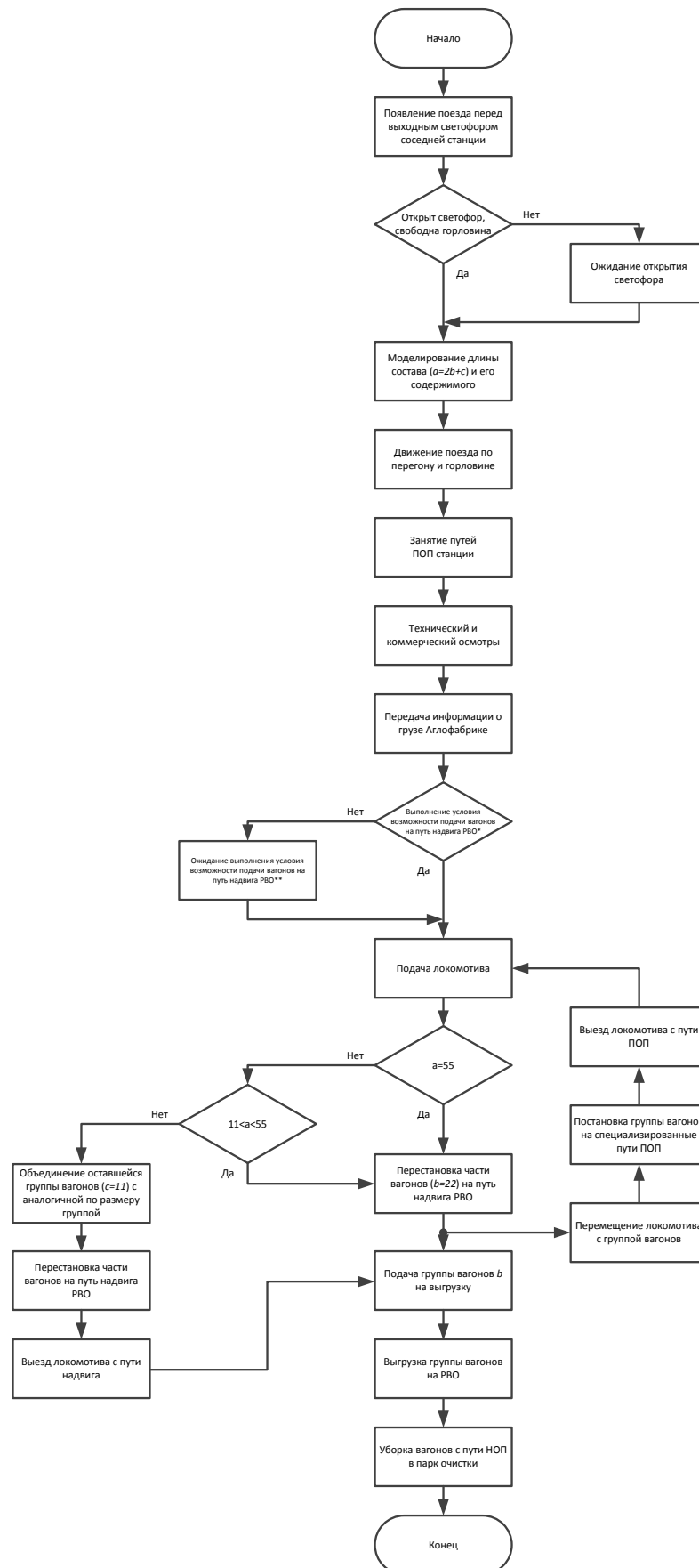


Рис. 1. Блок-схема алгоритма процессов по приёму и переработке прибывающего поездопотока с массовым металлосодержащим сырьём в рамках ТТК

задержки вагонов в результате отказов подсистем обслуживания, но и значения управляющих переменных системы – коэффициенты загрузки входной горловины станции, а также коэффициенты загрузки вагоноопрокидывателей.

Выводы.

1. Повышение эффективности работы технологической линии ТК приёма и выгрузки массового сырья связано с необходимостью исследования закономерностей взаимодействия её транспортного и грузового звеньев в динамичном процессе переработки вагонопотока. Этот процесс характерен значительными колебаниями интервалов прибытия маршрутов с грузом с внешней сети, взаимодействием в одной технологической линии переработки вагонопотока вероятностного (транспортного) и детерминированного (грузового) звеньев, блокированием работы грузовой станции, связанными с сверхнормативной загрузкой устройств и др.

2. Поставленная задача не может решаться с использованием аналитических моделей, поскольку они не обеспечивают достаточной степени достоверности и точности для отражения реальных процессов.

Динамика технологических условий работы технологической линии требует применения новых методических подходов для решения поставленной задачи. Таким подходом является применение имитационного моделирования, как технологическая основа описания процесса, в комбинации с аналитическими методами для описания закономерностей взаимодействия звеньев и их параметров.

3. В качестве первоочередной задачи моделирования разработана и описана блок-схема алгоритма технологического цикла приёма и выгрузки маршрутов с сырьём.

Литература

1. Парунакян В.Э. Оценка уровня организационного взаимодействия разгрузочного комплекса и грузовой станции агломерационной фабрики / В.Э. Парунакян, М.Ю. Онищенко // Захист металургійних машин від поломок. – Мариуполь, 2008. – № 10. – с. 64-72.
2. Бойко В.А. Применение метода морфологического анализа и синтеза при проектировании грузовых станций предприятий / В.А. Бойко // Вестник Восточноукр. нац. ун-та им. В. Даля. – Луганск, 2010. №10 (152), ч. 1. – с. 17-23.
3. Бородин А.Ф. Эффективно использовать станционные мощности / А.Ф. Бородин // Железнодорожный транспорт. – Москва, 2006. № 9. – с. 41-49.
4. Грунтов П.С. Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте / П.С. Груноов, Ю.В. Дьяков, А.М. Макарошкин //

Учебник для вузов ж.д. транспорта. - М.: Транспорт, 1994. - 543с.

References

1. Parunakjan V.E. Otsenka urovnya organizatsionnogo vzaimodeystviya razgruzochnoho kompleksa i gruzovoy stantsii aglomeratsionnoy fabрики / V.E. Parunajakn, M.Yu. Onishenko // Zakhyst metalurhiynykh mashyn vid polomok. – Mariupol, 2008. – № 10. – P. 64-72.
2. Boyko V.A. Prymenenie metoda morfologicheskogo analiza i sinteza pri proektirovanii gruzovykh stantsiy predpriyatiy / V.A. Boyko // Vestnik Vostochnoukr. nats. un-ta im. V. Dalya. – Luhansk, 2010. №10 (152), Issue. 1. – P. 17-23.
3. Borodin A.F. Effektivno yspol'zov' stantsionnye moshchnosti / A.F. Borodin // Zheleznodorozhny transport. – Moskva, 2006. № 9. – P. 41-49.
4. Gruntov P.S. Upravlenie ekspluatatsionnoy rabotoy i kachestvom perevozk na zheleznodorozhnom transporte / P.S. Grunoov, Yu.V. D'yakov, A.M. Makarochkin // Uchebnik dlya vuzov zh.-d. transporta. - M.: Transport, 1994. – 543 p.

Парунакян В.Е., Сізова К.І. Моделювання процесу прийому та вивантаження масової сировини в транспортно-вантажному комплексі аглофабрики з урахуванням його динаміки

Ідентифіковано існуючі умови функціонування транспортно-вантажних комплексів металургійних комбінатів, приймаючих масову сировину, а також виявлено основні причини, що викликають зниження ефективності взаємодії транспортного та вантажного модулів в рамках цих комплексів. Розроблена і описана блок-схема алгоритму технологічного циклу прийому і вивантаження залізничних складів з сировиною.

Ключові слова: транспортно-вантажний комплекс, аглофабрика, імітаційна модель, алгоритм

Parunakjan V., Sizova E. Modelling of dynamic process of raw materials acceptance within transport-and-handling site of sintering plant

The existing modes of transport-and-handling complexes operation within metallurgical enterprises which accept massive raw materials were identified. The main causes of decline in the efficiency of interaction between transport and handling module within these complexes were determined. The flowchart of technological cycle of reception and unloading trains with raw materials was developed and described.

Keywords: transport-and-handling site, sintering plant, simulation model, algorithm

Парунакян В.Е. – професор, д.т.н., завідувач кафедри промислового транспорту, ДВНЗ «ПДТУ», м. Мариуполь, Україна, e-mail: parunakjan@mail.ru
Сізова К.І. – старший викладач кафедри промислового транспорту, ДВНЗ «ПДТУ», м. Мариуполь, Україна, e-mail: katigsi@mail.ru

Статья подана 15.08.2013

УДК539.26

ВОДОРОД В ТЕХНИЧЕСКОМ ТИТАНЕ

Перевалова О.Б., Панин А.В., Кретова О.М.

HYDROGEN IN THE COMMERCIALY TITANIUM

Perevalova O.B., Panin A.V., Kretova O.M.

Методами рентгеноструктурного анализа и сканирующей электронной микроскопии с использованием метода дифракции обратнорассеянных электронов обнаружено, что при наводороживании в поверхностных слоях образуются области с сильно искаженной кристаллической решеткой α -Ti, малоугловые границы и границы специального типа.

Ключевые слова: рентгеноструктурный анализ, сканирующая электронная микроскопия, дифракция обратнорассеянных электронов, параметры кристаллической решетки, микроискажения, зеренная структура, малоугловые границы зерен, границы специального типа

Постановка задачи. В настоящее время технический титан является конструкционным материалом, который занимает особое место как материал медицинского назначения. Воздействие водорода на механические титаны является актуальной проблемой. Преимущественно водород проникает в металл по внутренним границам раздела (большеугловым границам зерен, границам мартенситных кристаллов). Водород может находиться в междоузлиях кристаллической решетки и тогда говорят, что водород находится в свободном состоянии в твердом растворе, на дислокациях и на границах зерен, а также может быть в связанном состоянии в гидридных фазах. Состояние водорода, свободное или связанное, в металле зависит от его концентрации. Пока водород находится в твердом растворе α -Ti, происходит упрочнение, сохраняется или увеличивается пластичность титана. В практике обработки титана и его сплавов эта особенность используется, технология называется обратимым наводороживанием [1]: при легком наводороживании титан пластифицируется, хорошо поддается обработке давлением, а затем при нагреве до определенной температуры водород выходит из металла. Значительное упрочнение и потеря пластичности происходит

при образовании гидридных фаз. Физические причины пластифицирования титана при его незначительном наводороживании пока не ясны. Известно [2], что при наводороживании монокристаллов титана увеличивается плотность дислокаций, образуются малоугловые границы. В связи с этим в настоящей работе представлены результаты исследования влияния водорода на параметры твердого раствора (параметры решетки ГПУ структуры титана, их отношение c/a и микроискажения $\epsilon = \Delta d/d$) и зеренную структуру технического титана.

Материал и методика исследования.

Материалом исследования является технический титан BT1-0. Насыщение водородом проводили в установке Сивертса Gas Reaction Controller при давлении 0,6 атмосфер, температуре 600°C в течение 5, 10, 15 и 30 мин. Измерение концентрации водорода выполняли с помощью газоанализатора водорода RHEN 602. Исследования параметров твердого раствора и фазового состава осуществлялись методами рентгеноструктурного анализа (РСА) на дифрактометре ДРОН-7 в $Co K_{\alpha}$ -излучении. Методом сканирующей электронной микроскопии с применением дифракции обратнорассеянных электронов (ДОРЭ) исследовалась зеренная структура, текстура и распределения специальных границ в зависимости от обратной плотности совпадающих узлов Σ . Зеренная структура также исследовалась методами оптической металлографии (микроскоп OLYMPUS GX-51) предварительно отполированных и подвергнутых химическому травлению следующими составами: а) 1,5 мл HF, 3 мл HNO₃, 50 мл H₂O, б) 10-% раствор плавиковой кислоты (HF) в воде с добавлением этилового спирта. Оценка энергии относительно максимальной энергии границ общего типа проводилась в тройных стыках

границ зерен с использованием соотношения

$$\text{Херринга [3]} \quad \frac{\gamma_x}{\gamma_{\max}} = \sin \alpha_x.$$

Результаты и их обсуждение. В исходном отожженном состоянии поликристаллический титан состоит из зерен, ограниченных криволинейными границами. Это хорошо видно на изображениях зеренной структуры, полученных в сканирующем микроскопе (рис.1, а). Распределение границ зерен в зависимости от относительной энергии, полученное при статистическом анализе тройных стыков, является

одномодальным (рис.2, а). Максимум распределения приходится на относительную энергию, равную 0.8-0.9. Известно [4], что границы с такой относительной энергией являются границами общего типа (ОТ). Доля низкоэнергетических границ крайне мала. Это означает, что в зернограничном ансамбле отожженного технического титана практически отсутствуют специальные границы (СТ). Метод СЭМ с применением ДОРЭ подтверждает тот факт, что в отожженном состоянии отсутствуют границы СТ.

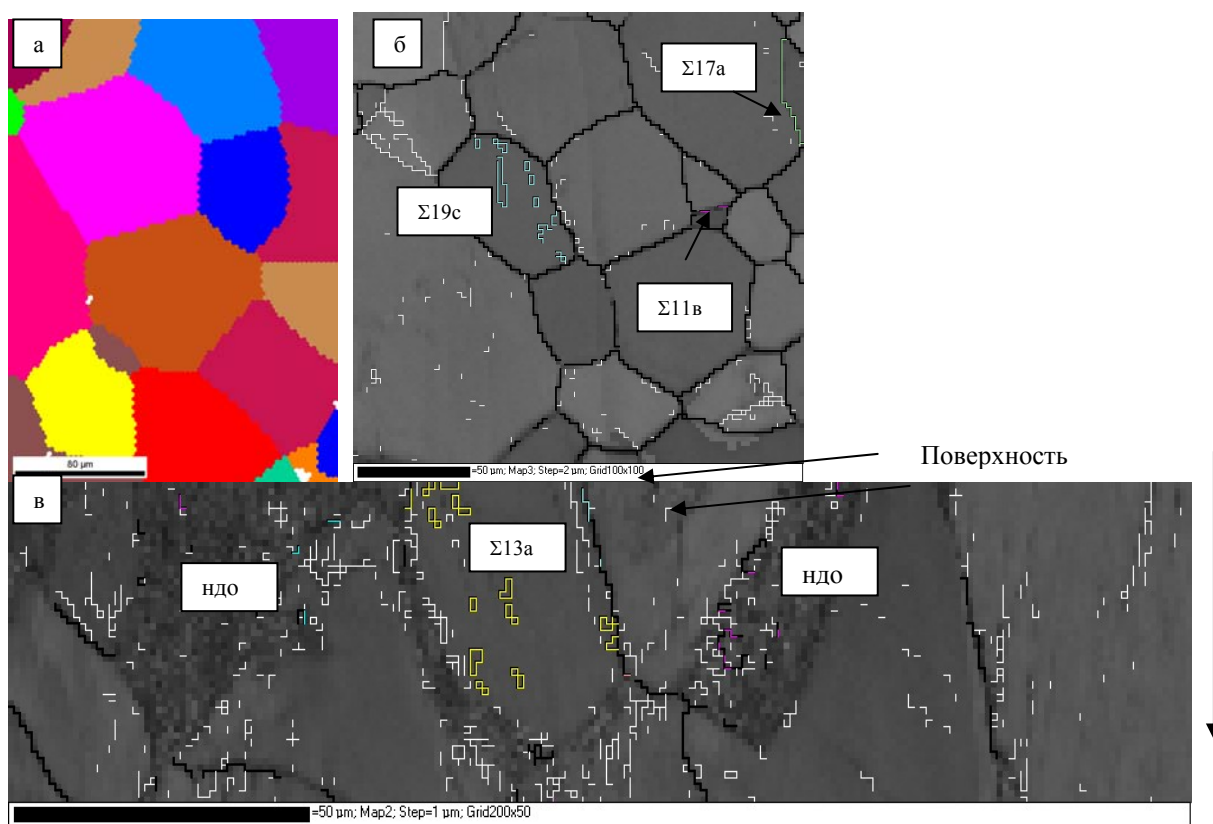


Рис.1. ДОРЭ-карты зеренной структуры в исходном отожженном - а и наводороженном - б,в состояниях ($C_H=870\text{ppm}$) в поперечном сечении плоских образцов на глубине 200 мкм - а,б и 50 мкм от поверхности образца - в (ндо – недетектируемые области)

Наводороживание приводит к тому, что появляются границы СТ. Это хорошо видно на ДОРЭ-картах зеренной структуры (рис.1, б,в). Границы СТ расположены внутри зерен, ограниченных границами общего типа. Расположение границ СТ не зависит от расстояния от поверхности. Как на глубине 200 мкм, так и на глубине 50 мкм от поверхности качественная и количественная картина расположения границ СТ в зернограничном ансамбле одинакова. Доля границ СТ составляет 0.10-0.15. Распределение границ зерен в зависимости от относительной энергии при наводороживании изменяется (рис.2, б,в).

Увеличивается доля границ зерен с относительной энергией менее 0.4, характерной для границ СТ. При наводороживании, кроме границ СТ, в приграничных областях зерен образуются малоугловые границы (МУГ). При наводороживании изменяется распределение границ зерен в зависимости от угла разориентации (рис.3) таким образом, что увеличивается доля границ зерен с углом разориентации, равным 2 град. и в интервале 80-90 град.

Исследование зеренной структуры на масштабном уровне оптической металлографии показывает, что в исходном состоянии имеются зерна, размеры которых достигают 240 мкм

(рис.4, а), тогда как в наводороженных образцах - зерна размером менее 180 мкм (рис.4, б,в). Это означает, что при наводороживании образуются новые границы зерен.

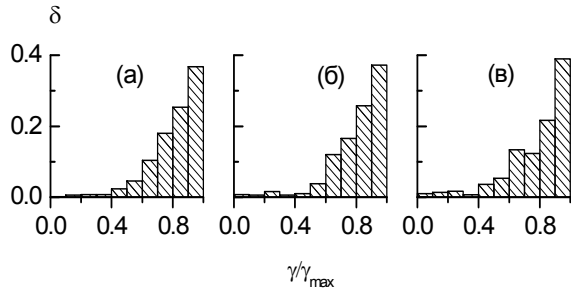


Рис.2. Распределения границ зерен в зависимости от относительной энергии в исходном - а и наводороженном состояниях: $C_H=520$ ppm - б, $C_H=870$ ppm - в

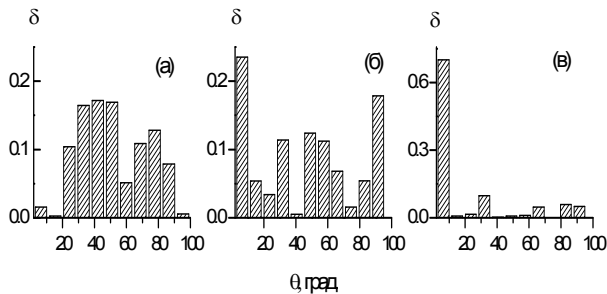


Рис.3. Распределения границ зерен в зависимости от угла разориентировки в исходном отожженном - а и наводороженном - б,в состояниях ($C_H=870$ ppm) в поперечном сечении плоских образцов на глубине 200 мкм - а,б и 50 мкм от поверхности образца - в

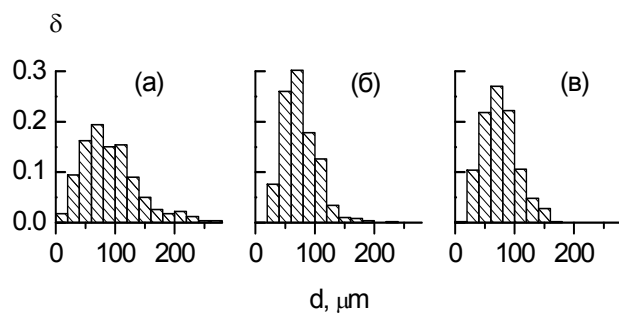


Рис.4. Распределения зерен по размерам в исходном - а и наводороженных состояниях сплава: $C_H=520$ ppm - б, $C_H=870$ ppm - в

В приграничных областях при наводороживании возникают искажения кристаллической решетки. При исследовании зеренной структуры методом ДОРЭ в этих областях не возникает картина Кикучи-линий, которая обычно присутствует на дифракционной картине металлов или сплавов в недеформированном состоянии после отжига. В

методе ДОРЭ области кристалла, дифракционная картина которых не дает Кикучи-линий, называют недетектируемыми (ндо).

О наличии искажений в кристаллической решетке также свидетельствуют данные РСА. На рис.5, а представлен участок рентгенограммы технического титана в исходном отожженном состоянии. Рентгеновские линии 002 и 101 являются симметричными.

Начиная с концентрации водорода 90 ppm, слева от сильных линий 002, 101, 102 и 103 α -Ti появляются линии, интенсивность которых значительно меньше интенсивности линий α -Ti (рис.5, б). При концентрации водорода, равной 360 ppm, линии α -Ti становятся симметричными, их полуширина значительно уменьшается по сравнению с линиями в отожженном состоянии. При этом возникают линии карбида титана TiC. Дальнейшее повышение концентрации водорода до 2600 ppm вновь приводит к появлению линий при меньших углах дифракции, чем основных и увеличению их интенсивности по сравнению с концентрацией 90 ppm (рис.5, в,г).

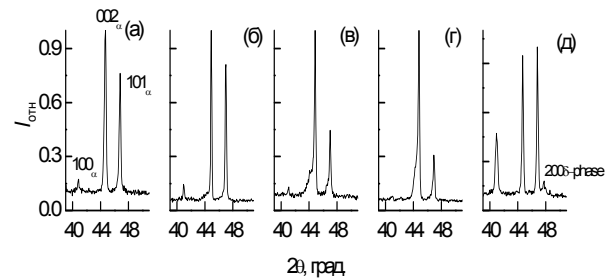


Рис.5. Участок рентгенограммы с линиями 100, 002 и 101 α -Ti в разных состояниях сплава: а – после отжига, б-д – после наводороживания с концентрацией водорода 90 -б, 520 -в, 2600 -г, 9270 ppm -д

Появление линий слева от основных линий α -Ti при меньших углах дифракции свидетельствует о том, что в преобладающей части объема (области I) параметры решетки близки к параметрам чистого α -Ti, а в части объема (области II) параметры решетки a и c и их отношением c/a больше, чем для чистого α -Ti (табл.1). Объемная доля областей II составляет 0.2-0.3. Если в областях I отношение параметров решетки c/a не зависит от интегральной концентрации водорода в образце (табл.1), то в областях II c/a тем больше, чем больше концентрация водорода (рис.6).

При концентрации водорода 7000-9000 ppm рентгеновские линии становятся симметричными, их полуширина уменьшается (рис.5, д) и при этом появляются линии гидридной δ -фазы. Отношение c/a уменьшается до значений в чистом титане (рис.6). Это свидетельствует о том, что помимо водорода из твердого раствора выходят также другие атомы внедрения (O, N, C).

Микроискажения $\epsilon = \Delta d/d$ в областях II в 3-4 раза больше, чем в областях I, в которых параметры ГПУ структуры близки к параметрам чистого Ti. Наличие областей с искаженной (II) и неискаженной (I) кристаллическими решетками свидетельствует о неоднородном распределении примесей внедрения в наводороженном образце. Поскольку наибольшие искажения решетки титана возникают при внедрении атомов O, N, C в междоузлия [5], то можно утверждать, что при наводороживании возникают концентрационные неоднородности этих элементов. Согласно авторам [6], водород в твердом растворе находится в виде протона и не искажает кристаллическую решетку, но может создавать комплексы с другими элементами внедрения, а именно, с O, N, C. Тогда его концентрационная неоднородность может приводить к концентрационной неоднородности других элементов внедрения. С другой стороны, известен эффект Горского-Снука (диффузия водорода в градиентных полях напряжений и возникновение напряжений при диффузии водорода), который теоретически объясняется расширением

кристаллической решетки при насыщении ее водородом [7].

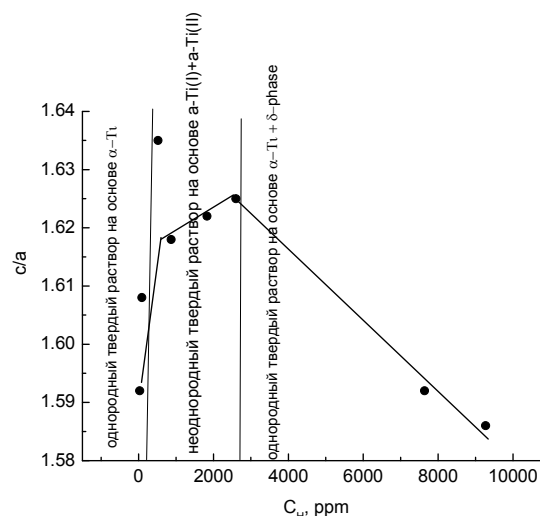


Рис.6. Зависимость отношения c/a от концентрации водорода

Таблица 1

Параметры решетки α-Ti в исходном отожженном и наводороженном состояниях с разной концентрацией водорода

Состояние сплава	C _H , ppm	Твердый раствор на основе α-Ti	Параметры решетки			
			a, нм	c, нм	c/a	
После отжига	30	однородный	2.9488	4.6945	1.592	
Наводороживание после отжига	90	неоднородный	Области I	2.9535	4.6832	1.586
			Области II	2.9416	4.7314	1.608
	I		2.9544	4.6891	1.587	
	II		2.8932	4.7295	1.635	
	870		I	2.9523	4.6853	1.587
			II	2.9147	4.7160	1.618
	1830		I	2.9489	4.6879	1.5897
			II	2.9076	4.7162	1.622
	2600		I	2.9564	4.6876	1.585
			II	2.91	4.7285	1.625
7640	однородный		2.9463	4.6919	1.5925	
9270			2.9539	4.6863	1.586	

Выводы. 1. При наводороживании технического титана до концентрации 3000 ppm в поверхностных слоях образца толщиной до 50 мкм происходит образование областей с неискаженной и искаженной кристаллическими решетками твердого раствора на основе α-Ti. Последние имеют тенденцию располагаться в приграничных областях границ общего типа. При концентрациях водорода 7000-9000 ppm твердый раствор становится однородным, образуется гидридная δ-фаза с объемной долей до 9%. Искажения кристаллической решетки (внутренние напряжения II рода) возникают из-за

концентрационных неоднородностей элементов внедрения (H, O, N, C).

2. Релаксация внутренних напряжений II рода, возникающих из-за концентрационного расслоения твердого раствора внедрения на основе α-Ti, обуславливает образование малоугловых границ и границ специального типа в зернах поликристалла.

Литература

1. Колачев Б.А.. Обратимое легирование титановых сплавов водородом // Металловедение и термическая обработка металлов. – 1993. – №10. – С. 28-31.

2. Ещенко Р.Н., Елкина О.А., Курмаева Л.Д., Сазонова В.А., Пацелов А.М., Талуц Г.Г.. Особенности образования гидридной фазы при легировании водородом монокристаллов титана // ФММ, 2001. – Т.91. – №4. – С.78-84.

3. Орлов А.Н., Перевезенцев В.Н., Рыбин В.В. Границы зерен в металлах. М.: Металлургия, 1980. – 154с.

4. Ольга Перевалова, Нина Конева, Эдуард Козлов. Зернограничные ансамбли ГЦК твердых растворов на основе Ni, Cu и Pd. Saarbruchen, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co.KG, 2011. – 233с.

5. Хидиров И. Г., Мирзаев Б. Б., Мухтарова Н. Н. и др. Определение области гомогенности твердого раствора $Ti_2C_{1-x}H_{2-y}$ методом дифракции нейтронов // Альтернативная энергетика и экология, 2007. – №5(49). – С. 49-55.

6. Шаповалова О. М., Бабенко Е. П. Исследование влияния углерода на содержание водорода в титановых порошках // Теория и практика металлургии, 2010. – №5-6. – С. 51-54.

7. Гапонцев А.В., Кондратьев В.В.. Диффузия водорода в неупорядоченных металлах и сплавах // Успехи физических наук, 2003. – Т.173. – №10. – С. 1107-1129.

References

1. Kolachev A.. The reversible hydrogen alloying of titanium alloys // Metallovedeniye i termicheskaya obrabotka metallov, 1993. – No 10. – P.P. 28-31.

2. Eshchenko R.N, Elkin O.A, Kurmaeva L.D, Sazonov V.A, Patselov A.M, Taluts G.G. The peculiarities of the hydride phase in single crystals of titanium doped by hydrogen // FMM, 2001. – V.91. – No4. – P.78-84.

3. Orlov A.N, Perevezentsev V.N, Rybin V.V. Grain boundaries in metals. Moscow: Metallurgy, 1980. – 154p.

4. Olga Perevalova, Nina Konev, Edward Kozlov. Grain boundary ensembles fcc solid solutions based on Ni, Cu and Pd. Saarbruchen, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co.KG, 2011. – 233p.

5. Hidirov I.G, Mirzaev B.B, Mukhtarova N/N, etc. The definition of homogeneous solid solution $Ti_2C_{1-x}H_{2-y}$ by neutron diffraction // International scientific journal "Alternative Energy and Ecology", 2007, No 5, Vol.49, P.P. 49-55.

6. Shapovalova O.M, Babenko E.P. The influence of carbon on the hydrogen content of the titanium powders // Teoriya i praktika metallurgii, 2010. – No 5-6, P.P. 51-54.

7. Gapontsev A.V., Kondratev V.V.. Hydrogen diffusion in disordered metals and alloys // Uspekhi fizicheskikh nauk, 2003. – Vol.173. – No 10. –P. 1107-1129.

Perevalova O.B., Panin A.V., Kretova O.M. Hydrogen in the commercially titanium

By methods of X-ray diffraction analysis and scanning electron microscopy diffraction using backscattered electrons was found that region with a distorted hcp lattice α -Ti, low angle boundaries (LAB) and a special type of border were produced in the surface layer of alloy VT1-0 during hydrogenation

Keywords: X-ray diffraction, scanning electron microscopy, diffraction of backscattered electrons, the lattice parameters, microdistortions, grain structure, the low-angle grain boundaries, the boundaries of a special type

Перевалова О.Б., Панін А.В., Кретова О.М. Водень у технічному титані

Методами рентгеноструктурного аналізу та скануючої електронної мікроскопії з використанням методу дифракції оберненорозсіяних електронів виявлено, що при наводорожуванні в поверхневих шарах утворюються області з сильно спотвореною кристалічною решіткою α -Ti, малокутові межі і межі спеціального типу.

Ключові слова: рентгеноструктурний аналіз, скануюча електронна мікроскопія, дифракція оберненорозсіяних електронів, параметри кристалічної решітки, мікрвикривлень, зеренна структура, малокутові кордони зерен, межі спеціального типу.

Перевалова О.Б. – д.ф.-м.н, снс, ИФПМ СО РАН, г.Томск, Россия, e-mail: perevalova52@mail.ru

Панин А.В. – д.ф.-м.н, зав.лаб. ЛФПЯ, ИФПМ СО РАН, г.Томск, Россия, e-mail: pav@ispms.tsc.ru

Кретова О.М. – аспирант Национального исследовательского Томского политехнического университета, г.Томск, Россия, e-mail: oksikom@bk.ru

Рецензент: Федорищева М.В. – к.ф.-м.н, снс ИФПМ СО РАН, г.Томск, Россия

УДК 659.10

**ПРИКЛАДНАЯ ПРОБЛЕМА СИТИЛОГИСТИКИ КРУПНЫХ
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ****Помазков М.В****APPLIED PROBLEMS SITILOGISTIKI LARGEST METALLURGICAL
ENTERPRISES****Pomazkov M.V.**

Дана характеристика эксплуатационной работы системы большегрузного автотранспорта промпредприятий в ситилогистической среде. В качестве механизма решения проблемы предложен принцип основывающийся на изучении инновационного ситилогистического механизма, позволяющего обеспечить экологическую, фактическую и социальную безопасность однотипных автотранспортных средств, принадлежащих предприятию и реализуемых в городских маршрутах разной напряженности.

Ключевые слова: ситилогистика в промышленных автотранспортных системах, логистические цепи поставок.

Постановка проблемы в общем виде.

Теоретико-методологические основы ситилогистики в промышленных автотранспортных системах (ПАС) базируются на диалектическом взаимодействии теорий логистики с учетом работы крупных металлургических предприятий и транспортных потоков в городской среде. Это взаимодействие проявляется в основных положениях транспортировки грузопотоков, обслуживающих потребности города, и грузопотоков, возникающих в результате обслуживания металлургических предприятий, которые пересекаются между собой и составляют прикладную проблему ситилогистики.

Известно, что городская логистика применяется для достижения различных целей, стоящих перед субъектами ПАС, в том числе она может быть направлена и на обеспечение ее эффективности.

Несмотря на все множество резервов деятельности ПАС, достигаемых за счет использования ситилогистики, механизмы обеспечения ее эффективности не в полной мере исследованы отечественными и зарубежными учеными.

Анализ последних исследований и публикаций. Теоретико-методологические основы обеспечения эффективности свидетельствуют о том, что рационализация операций с материальным потоком всегда приводит к экономии материальных ресурсов.

Выделение в качестве основных задач ситилогистики оптимизации и рационализации движения материального потока в ПАС подразумевает использование и основных методов и инструментов логистики. Как показывает исследование трудов отечественных и зарубежных специалистов в области логистики, эти науки объединяют методологии:

- кибернетического подхода;
- системного анализа;
- исследования операций;
- экономико-математического

моделирования.

Сообразуясь с тем, что ситилогистика в целом может повысить эффективность воздействия использования материальных ресурсов в промышленных автотранспортных системах в целом, можно сделать вывод о том, что и ее инструментарий в приложении к отдельным функциональным областям в жизненном цикле автосамосвалов тоже имеет резервы в системах обеспечения экологической и техногенной безопасности.

Доставка на промышленные предприятия большегрузных автосамосвалов – это особая область транспортных услуг, в которой применение «типовых» решений трудно реализуемо. Именно поэтому при разработке схем доставки большегрузных автосамосвалов используются логистические принципы управления перевозками.

Анализируя принципы ситилогистической цепи «поставщик – получатель самосвалов», необходимо принимать во внимание, что она

формируется взаимной связью партнёров (производитель, потребитель, транспортные компании), которые состоят в объединении для достижения одной цели на разных стадиях перемещения большегрузных самосвалов (рис.1).

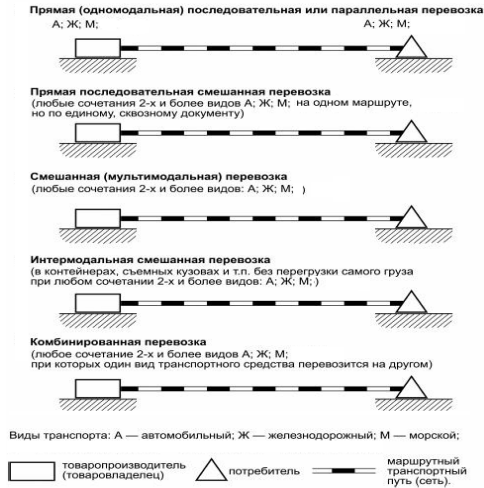


Рис.1. Ситилогистические цепи транспортного обслуживания грузопотоков большегрузных автосамосвалов

Цель. Цель работы состоит в оценке эффективности ситилогистической цепи, обеспечивающей реализацию стратегии достижения доминирующей позиции по издержкам при обслуживании грузопотоков большегрузных самосвалов металлургических предприятий в городской среде.

Результат исследований.

Ситилогистические цепи в схеме поставки большегрузных автосамосвалов, ориентированные по информационным и финансовым потокам, связаны вплотную с материальным потоком. Заказ покупателя большегрузных автосамосвалов поступает продавцу через торгового (информационного) посредника, а расчеты фирмы-производителя за услуги логистических посредников и оплата за большегрузные автосамосвалы производятся через банк.

Тогда по информационным и финансовым потокам ситилогистическая структура приобретает вид, представленный на схеме (рис.2). В ситилогистической цепи присутствуют два звена: торговый (информационный) посредник (ЗЛС4) и банк (ЗЛС5), а взаимосвязи по финансовым потокам показаны для системы, когда логистические партнеры (ЗЛС, ЗЛС2 ЗЛС3 и ЗЛС4) обслуживаются одним банком.

Построение и исследование ситилогистических цепей поставок большегрузных автосамосвалов по информационным и финансовым потокам имеет большое практическое значение, так как в современном бизнесе отсутствует сходство между

материальными и сопутствующими им потоками. Это проявляется в несовпадении (несинхронности) движения грузопотоков большегрузных автосамосвалов в городской среде и относящихся к ним потоков информации и денежных средств.

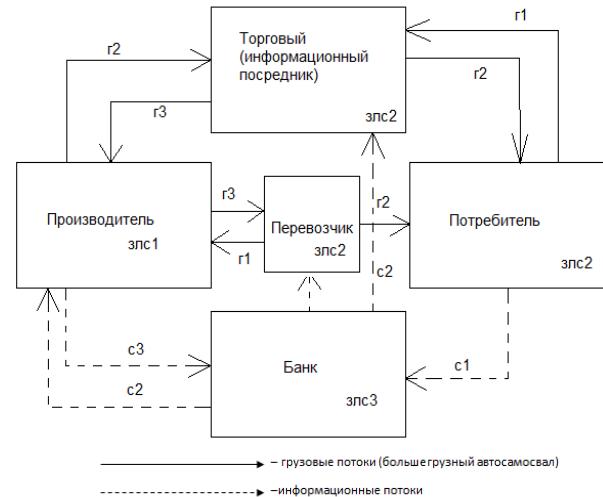


Рис.2. Ситилогистическая цепь в системе «поставщик – получатель самосвалов»

При рассмотрении макрологистической цепи обслуживания грузопотоков комплектующих к большегрузным автосамосвалам в городской среде (рис.3), включающей в себя ряд субъектов хозяйствования в горно-металлургическом комплексе, с позиции затрат на товародвижение содержит следующее: затраты, связанные с доставкой комплектующих к большегрузным автосамосвалам до потребителей (промышленных предприятий), включая затраты, хранение и транспортировку комплектующих изделий.

Все процедуры и операции, связанные со складированием, хранением и транспортировкой комплектующих в городской среде на промышленные предприятия, являются ситилогистическими услугами и зависят от рациональности принимаемых логистических решений, направленных на снижение затрат по этим направлениям производственно-хозяйственной деятельности.

Задачи, решаемые в системе подготовки комплектующих большегрузных автосамосвалов к перевозке в городской среде, сводятся в основном к следующему: строгое соблюдение правил крепления комплектующих большегрузных самосвалов (КБС) на подвижном составе; использование современных информационных систем, контролирующих процесс крепления КБС; ужесточение контроля за маркировкой КБС.

Тенденция доставки оборудования полной заводской готовности, габаритно-весовые характеристики, которые превосходят нормативы, установленные по условиям

безопасности движения на городских транспортных сетях. Кроме этого, существует ряд продукции машиностроения, который также не может быть транспортирован от производителей к местам потребления по транспортным сетям общего городского пользования без превышения основных габаритно-весовых параметров. В системе перевозок транспортировка таких грузов усложняется необходимостью

обеспечения правил дорожного движения и допустимых габаритных и весовых параметров в городах, по территории которых пролегает маршрут движения, сложной системой тарификации при получении специальных разрешений на провоз грузов по городским дорогам и многими другими факторам.

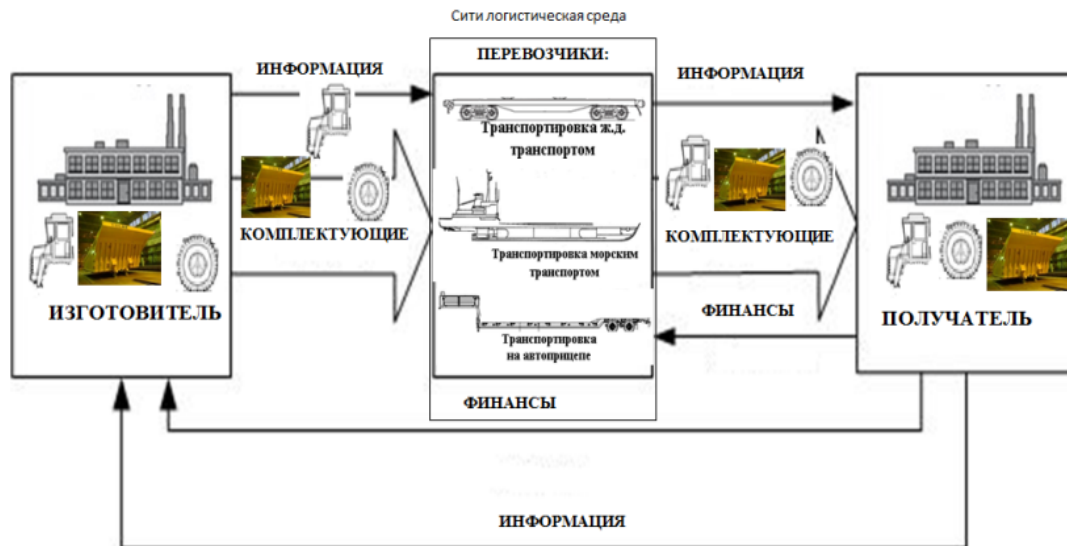


Рис. 3. Ситилогистическая цепь грузопотоков комплектующих узлов автосамосвалов

Решением обозначенных проблем занимается ситилогистика. Ситилогистика – научно-практическое направление, имеющее своим предметом совершенствование транспортно-логистических схем и маршрутов перевозки грузов и пассажиров в условиях крупных городов.

Приведем ряд ситилогистических проблем, с которыми сталкиваются перевозчики комплектующих большегрузных автосамосвалов по городским транспортным сетям.

Проблема 1. Разработка технологий погрузки-разгрузки большегрузных автосамосвалов в морских и речных портах включает (рис.4):



Рис. 4. Разгрузка большегрузных самосвалов с морского судна

– проведение строповочных операций в соответствии с существующим регламентом по проведению работ с большегрузной и крупногабаритной техникой;

– подъем большегрузных автосамосвалов с палубы судна с ограниченной скоростью подъема и ряд других операций.

Проблема 2. Габариты приближения городских строений и коммуникационных сооружений слишком малы, поэтому проезд автопоезда с большегрузным автосамосвалом и его комплектующими невозможен (рис.5).

Проблема 3. Полотно дороги не в состоянии выдержать нагрузку при перевозке крупногабаритных узлов большегрузных автосамосвалов (рис.6).

Проблема 4. Высота груза не позволяет осуществить провоз под мостом (рис.7).

Вышеописанные ситилогистические проблемы напрямую влияют на плотность городских транспортных потоков, их экологическую безопасность и вместе с этим на безопасность городских транспортных коммуникаций.

Практический опыт предприятий ГМК в области обслуживания грузопотоков металлургического предприятия в городской среде автомобильным транспортом позволяет в достаточной степени эффективно управлять

процессами обеспечения экологической и техногенной безопасности.



Рис. 5. Дорожные условия и вписывание в габариты городских коммуникаций при перевозке большегрузного автосамосвала и его комплектующих



Рис.6. Дорожные условия при транспортировке на специальных автоплатформах комплектующих большегрузных автосамосвалов



Рис.7. Дорожные условия при прохождении большегрузного автосамосвала под мостом

Проблема 5. Высокая вероятность аварийности большегрузных самосвалов при их движении по городским транспортным сетям (рис.8).



Рис.8. Дорожные условия, приведшие к возникновению аварийной ситуации при выходе большегрузного автосамосвала на городские транспортные коммуникации

При этом следует заметить, что интуитивный опыт без надлежащего теоретического обоснования приводит в отдельных случаях к использованию так называемого скрытого резерва – повышения эффективности грузовой автотранспортной системы в городских условиях.

Необходимость значительного повышения эффективности управления автомобильным транспортом в городских новых условиях, когда принятие решений традиционными методами в ограниченное время становится делом весьма сложным, привело к интенсивному развитию теории транспортного процесса автомобильных перевозок, широкому внедрению вычислительной техники.

Существует еще один не реализованный в полной мере принцип, развивающий технологию использования транспортного средства по новому назначению. Этот принцип основывается на обеспечении эксплуатационной эффективности парка однотипных транспортных средств, принадлежащих промышленному предприятию и используемых в городских маршрутах разной напряженности.

Выводы. Даны оценки значимости прикладной проблемы ситилогистики крупных металлургических предприятий, влияющей на возможности промышленного большегрузного автотранспорта как развивающейся системы в условиях ситилогистической среды.

Л и т е р а т у р а

1. Губенко В.К., Лямзин А.А. Вісник Приазов. держ. техн. ун-ту: Зб. наук. пр. – Маріуполь: ПДТУ, 2009. – Вип. 19. – С. 271–275.

2. Губенко В.К. Логистика ресурсосберегающей технологии работы автосамосвалов в горнометаллургическом комплексе: Моногр. / В.К. Губенко, А.А. Лямзин, М.В. Помазков. – ГБУЗ «Приазовский государственный технический университет». – Маріуполь: 2012. – 220 с.

3. Хомяк Я.В. Организация дорожного движения. – Киев: Высш. шк., 1986. – 271 с.

References

1. Gubenko VK Lyamzin AA News of Priazov. Hold on. tehn. un-To: ST. Science. etc. - Mariupol: PDTU 2009. - Vip. 19. - S. 271-275.

2. Gubenko VK Logistics resource-saving technology of dump trucks in the mining complex: monograph: / VK Gubenko AA Lyamzin, MV Pomazkov. - SHEE "Azov State Technical University". - Mariupol: 2012. - 220.

3. Hamster Y. Traffic Organization. - Kiev: High. wk., 1986. - 271 p.

Помазков М.В. Прикладна проблема ситілогістики найбільших металургійних підприємств

Дана характеристика експлуатаційної діяльності автотранспортної системи великовантажного транспорту в міському середовищі. Визначено підходи,

Щодо дозволяють вирішити проблему перевантаження транспортних комунікацій у міському середовищі.

Ключові слова: ситілогістика в промислових автотранспортних системах, логістичні ланцюги постачань.

Pomazkov M.V. Applied problems sitilogistiki largest metallurgical enterprises

The characteristic of the operational work of industrial enterprises in the heavy trucks sitilogisticheskoy environment. As a mechanism for solving the problem proposed printsyp based on the study of innovation sitilogisticheskogo mechanism to ensure environmental, social security and the actual vehicles of the same type belonging to the enterprise and implemented in urban routes of varying intensity.

Keywords: sitilogistika in industrial motor systems, logistics supply chain.

Помазков М.В. – к.т.н., доцент кафедри «Технологии международных перевозок и логистика», ДВУЗ «ПДТУ», г. Маріуполь, Україна, e-mail: pomazkovmik@yandex.ru

Рецензент: Губенко В.К., д.т.н., проф.

Стаття подана 7.08.2013

УДК 621.396.6:623

МАГНИТОАКУСТИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ЭСКАЛАТОРОВ ПЕТЕРБУРГСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

Попов В.А., Коровина М.С., Щербаков А.В.

MAGNETOACOUSTIC MONITORING OF ESCALATORS PETERSBURG SUBWAY

Popov V., Korovina M., Shcherbakov A.

Рассмотрены вопросы создания системы магнитоакустического мониторинга новых эскалаторов Санкт-Петербургского метрополитена типа ЭТХ, предназначенной для предварительного выявления и последующей локализации источников негативного воздействия на металлоконструкцию и механизмы эскалаторов при переходе на систему ТО и Р "по состоянию". Обоснован методологический подход к решению метрологических задач комплексной регистрации сигналов магнитных и акустических возмущений и создания алгоритмов их пространственно-временной обработки. Приведены факторы, влияющие на эффективность выявления нарушений эксплуатационных режимов с формированием упреждающего прогноза. Предлагается модель состояния эскалатора на основе одновременной оценки результатов замеров векторных характеристик абсолютной вибрации в различных точках эскалатора и пространственного анализа собственных магнитных полей рассеяния металла в зоне развивающихся повреждений. Приведены результаты вейвлет-анализа этих характеристик, а также рассмотрен пример классификации состояния элементов эскалатора по этим результатам.

Ключевые слова: эскалатор, мониторинг, магнитный контроль, вибрационный контроль, вейвлет-анализ.

Постановка проблемы. В настоящее время метрополитен в Санкт-Петербурге является основным видом городского транспорта, перевозящим более 2 млн пассажиров в сутки и обеспечивающим межрайонную транспортную доступность. Одной из главных особенностей Петербургского метрополитена является глубокое заложение станций (до 70 м), связанное с геологическими условиями района. Доставка пассажиров к поездам осуществляется тоннельными эскалаторами, которые установлены практически на всех станциях. Кроме того, пересадочные узлы между станциями также оборудованы эскалаторами.

Эксплуатация эскалаторов в метрополитене имеет ряд особенностей, они связаны с напряженностью ритма работы и загруженностью транспортных систем в часы "пик", отсутствием возможности остановки оборудования для производства ремонтных работ по причине возникновения опасной ситуации.

Надежная и безопасная работа оборудования обеспечивается своевременным производством планово-предупредительных и капитальных ремонтов, выполняемых по заранее разработанному графику, связанному с пробегом эскалаторов (ТОиР "по наработке"). Организация работ, связанная с техническим обслуживанием, ремонтом эскалаторов, в значительной степени определяет экономические показатели эффективности эксплуатации оборудования. Регулярность, периодичность производства работ, объем, степень детализации в настоящее время оценивается экспертным путем, часто только на основе имеющегося опыта эксплуатации оборудования, без какой-либо оценки величины остаточного ресурса элементов эскалаторов.

При переходе на систему ТОиР "по состоянию", которая позволит снизить эксплуатационные расходы, необходимо внедрение системы мониторинга технического состояния элементов и узлов эскалаторов, в том числе с применением методов магнитоакустического контроля.

Анализ последних исследований и публикаций. Информативность современных методов неразрушающего контроля значительно повышается при одновременном использовании акустических и магнитных шумов, несущих различную информацию о состоянии контролируемых машин и механизмов. К ней относятся импульсы электродвижущей силы и акустические сигналы при изменении напряжений в ферромагнитных материалах, напряженность собственных магнитных полей рассеяния при

работе электрических, гидравлических и механических приводов машин (Филинов В.В. Методы и приборы контроля механических напряжений на основе использования магнитно-акустических шумов.- М.: Машиностроение, 2000. -154 с.). Исследована связь параметров акустических шумов перемагничивания с механическими и магнитными свойствами ферромагнетиков, скоростью продольных, поперечных и поверхностных волн в материалах при их нагружении (Берман А.В., Ватулин Я.С., Коровин С.К. Магнитоакустический мониторинг подъемных сооружений.- СПб. : ООО «Издательство ОМ-Пресс». 2010-340 с.) и ряд других.

Цель статьи. Анализ особенностей применения систем магнитоакустического мониторинга машин и механизмов на примере эскалаторов Петербургского метрополитена. Оценка эффективности различных алгоритмов обработки результатов магнитоакустического мониторинга и обоснование целесообразности комплексного контроля акустических и магнитных параметров состояния машин и механизмов в режиме мониторинга по сравнению с другими методами неразрушающего контроля.

В 2011-2012 гг. кафедрой “Подъемно-транспортные, путевые и строительные машины” Петербургского государственного университета путей сообщения проводились комплексные исследования конструкций новых эскалаторов типа ЭТХ Петербургского метрополитена, установленных в подземных переходах между станциями “Спасская-Сенная площадь” и “Спасская-Садовая”. Одной из задач исследования было выявление возможности применения комплексного магнитоакустического метода контроля текущего состояния элементов эскалаторов в режиме мониторинга.

Для решения задачи магнитного контроля использовался измерительный комплекс на основе 3-х компонентных феррозондов, построенных на преобразователях Холла ПХЭ606117В (магнитная чувствительность >200 мкВ/мТл) и ПХЭ606118В (магнитная чувствительность >30 мкВ/мТл)

производства научно-производственной фирмы “Сенсор” г. Санкт-Петербург; комплекса АСК-3117 с усилителем; пакета прикладных программ для управления и обмена с АСК-310х АРР-3007 и профессиональной версии программного обеспечения АСК-3107-РО. Виброконтроль производился с применением векторного вибропреобразователя абсолютной вибрации типа ВТК, усилителя заряда трёхканального УТК 2 (общепромышленное исполнение), комплекса АСК-3117, пакета прикладных программ для управления и обмена с АСК-310х АРР-3007 и профессиональной версии программного обеспечения АСК-3107-РО.

Характерные места выборочного контроля напряженно-деформированного состояния элементов ферм секций, вертикальных листов ферм и вертикальных листов креплений криволинейных направляющих эскалатора ЭТХ представлены на рис.1.

Процесс магнитного мониторинга осуществлялся на макроуровне: в рабочем состоянии, без ревизии агрегатов. Признаком повреждения конструкции выбиралось резкое изменение значений и знака собственных магнитных полей рассеяния. При проведении вибродиагностики в качестве дефектов конструкции было принято:

- в виде трещины или системы трещин общей длиной более 2 мм; наличие хрупкого разрушения;
- коррозионные повреждения более 10% эффективного сечения несущего элемента;
- общая деформация стержневого элемента со стрелой прогиба более 1/500 длины элемента;
- деградация механических свойств металла по критерию ударной вязкости.

Методы магнитного мониторинга: пространственный анализ напряженности собственных магнитных полей рассеяния металла в зоне развивающихся повреждений объекта посредством проведения вейвлет-анализа для идентификации локальных источников собственных магнитных полей рассеяния в отдельных узлах контроля.

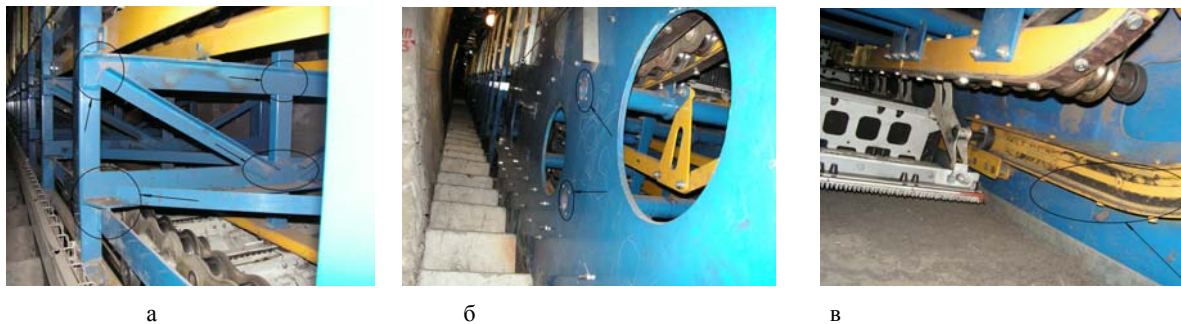


Рис.1. Характерные места выборочного контроля эскалаторов ЭТХ: а - элементы ферм секций; б - вертикальные листы ферм; в - вертикальные листы ферм в местах креплений криволинейных направляющих

Классификация состояния определялась по результатам вейвлет-анализа. Классификационным признаком считалось скачкообразное изменение знака и величины напряжённости магнитного поля рассеяния в зонах концентрации напряжений и деформаций по компонентам вектора.

При анализе результатов вибромониторинга применялся метод тестовой диагностики, требующий формирования искусственных возмущений, действующих на элементы металлоконструкции эскалатора. Состояние ответственных элементов оценивалось по степени искажения возмущений. Предметом изучения являются только те искажения, которые возникают при их передаче через крепления.

В качестве модели распространения энергии звука была выбрана модель Е. Скучика и А. Болотина (волновое представление). В волновом представлении любую механическую систему можно представить её характеристическим импедансом, коэффициентом отражения её неоднородностей для волновых цугов (серии импульсов), возникших в точке приложения возбуждающей силы (удара), интервалом между соседними резонансными частотами, затуханием и симметрией точки возбуждения относительно границ колеблющейся системы. Эти характеристики дают представления о механических свойствах колебательной системы. Такие дефекты, как жёсткость узлов крепления, изменение профиля несущей части резьбы, ослабление элементов крепления в конструкциях испытуемых узлов, связаны с параметрами перечисленных характеристик.

При обработке результатов измерений применялся вейвлет-анализ с оценкой амплитудной модуляции в поддиапазонах частот, фигур Лиссажу, числа резонансных контуров и антирезонансов, декрементов затухания, фазочастотной модуляции [1]. Классификационными признаками были выбраны параметры многоконтурной механической колебательной системы конструкции узла, а именно - геометрические и массовые характеристики элементов металлоконструкций, вид и жёсткость креплений. Эти параметры характеризуются частотой мод и их формой, определяющийся как число резонансных механических колебательных контуров и число антирезонансов в спектре сигнала; фазочастотными характеристиками (отражения от неоднородностей, где происходит переворот фазы, формы фигур Лиссажу); затуханием сплошной части спектра при многократном отражении; декрементами затухания дискретных составляющих спектра; периодом фокусировки лучей при многократном отражении от границ узлов и дефектов (время, через которое многократные отражения лучей от границ элементов металлоконструкции придут в точку наблюдения в фазе).

Вторичная обработка результатов виброизмерений заключалась в составлении двумерных относительных значений признаков, относящихся к двум классам элементов металлоконструкции - эталон и испытуемые элементы.

Применение вейвлет-анализа для оценки указанных характеристик в отличие от Фурье-анализа позволяет более полно выявить амплитудно-фазочастотную структуру сигнала.

В зависимости от типа дефектов (трещина или утонение, смятие резьбы и др.) при обработке сигналов использовался определенный тип вейвлета (Шеннон, Гаусс, Добеши), который фокусировался на определенную область частот сигнала. Качество элементов металлоконструкций оценивалось по двухбалльной системе: балл 1 - неудовлетворительное качество; балл 2 - удовлетворительное качество. Баллом 1 оценивались элементы с дефектами, сигналы от которых превышают браковочный уровень чувствительности. Баллом 2 - элементы, в которых не обнаружены дефекты, сигналы от которых превышают браковочный уровень чувствительности.

Используемый метод тестовой диагностики требует формирования искусственного возмущения, нормированного по энергетическому параметру, поэтому требуется стабильное значение амплитудно-частотных характеристик воздействия.

Для определения состояния элементов металлоконструкций используется процедура создания вибропортрета с помощью векторного датчика вибрации, а также динамического твердомера (рис. 2) для создания тестового сигнала и определения поверхностной твёрдости, характеризующей склонность металла к хрупкому разрушению.

Использование вейвлет-анализа [1-4] по каждой из компонент вектора способствует выявлению отклонений состояния материала элементов эскалатора от первичных значений и позволяет предсказать снижение прочностных характеристик конструкции, своевременно принять меры по предупреждению аварийной ситуации на исследуемом объекте. В качестве исходной информации использовались магнитограммы и виброграммы одного и того же сечения металла вертикальных листов, полученные за период мониторинга (июнь 2011 - июнь 2012 гг.). Применение вейвлет-анализа связано с большим уровнем электромагнитных помех от работающих электродвигателей привода эскалатора в виде короткоживущих высокочастотных компонент и позволило выделить низкочастотные компоненты основного сигнала. Удаление шума при помощи вейвлет-преобразования выполнялось в четыре этапа: разложения сигнала по базису вейвлетов; выбора порогового значения шума для каждого уровня

разложения; пороговой фильтрации коэффициентов детализации; реконструкции сигнала. Другими причинами применения вейвлет-анализа являлись сжатие информации и выявление долговременной эволюции. Это позволило увидеть локальные кратковременные особенности сигнала, связанные со сбоями в показаниях датчиков. Проведение локализации и классификации особых точек и вычисление различных фрактальных характеристик, а также выполнение частотно-временного анализа нестационарных сигналов позволило выделить участки интенсивного износа криволинейных

направляющих, в том числе и с наличием трещин. На основе вейвлет-анализа получены количественные оценки параметра Херста, подтверждена необходимость предварительного разделения данных вибро- и магнитограмм на нестационарную (тренд) и осцилляторную части.

Результаты контроля напряжённости магнитного поля вертикальных листов ферм в местах креплений направляющих представлены на рис. 3.

Результаты магнитного мониторинга (рис. 4) подтверждают визуальные наблюдения и данные ультразвуковой толщинометрии.



Рис. 2. Процедура создания вибропортрета элементов металлоконструкций.

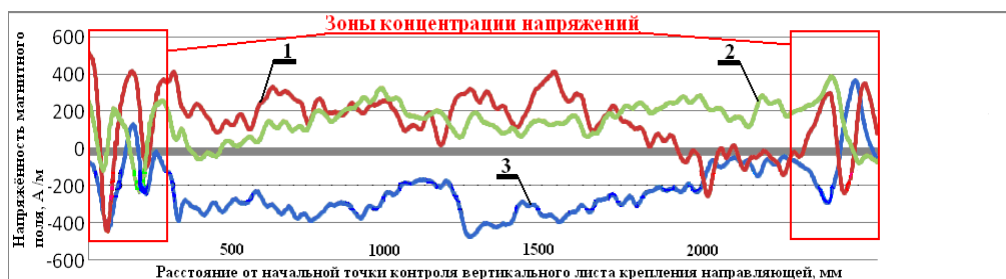


Рис. 3. Результаты контроля напряжённости магнитного поля вертикальных листов ферм металлоконструкции эскалатора в местах креплений направляющих (переход «Спасская» - «Садовая», режим «спуск»): 1 – нормальный к поверхности контроля компонент вектора напряжённости магнитного поля; 2 – компонент вектора напряжённости магнитного поля вдоль траектории движения; 3 – компонент напряжённости магнитного поля поперёк траектории движения.

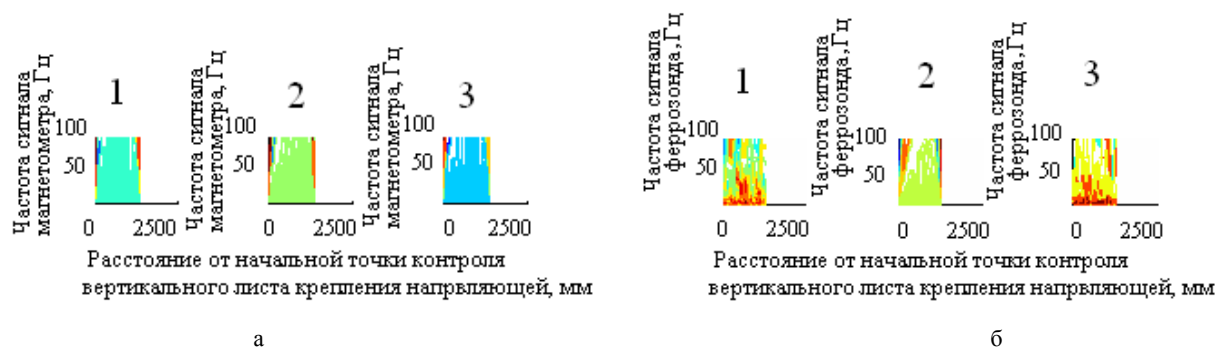


Рис. 4. Результаты вейвлет-анализа напряжённости магнитного поля вертикальных листов ферм металлоконструкции эскалатора в местах креплений направляющих (переход «Спасская» - «Садовая», режим «спуск»): 1 – нормальный к поверхности контроля компонент вектора напряжённости магнитного поля; 2 – компонент вектора напряжённости магнитного поля вдоль траектории движения; 3 – компонент напряжённости магнитного поля поперёк траектории движения; а – июнь 2011 г.; б – июнь 2012 г.

Наиболее интенсивные изменения состояния материала вертикальных листов наблюдаются по нормальной компоненте (рис. 4 а, б) в местах начала и конца криволинейного участка направляющей (рис.1,в) и соответствуют участкам максимального износа направляющей.

Представленные на рис. 4 результаты вейвлет-анализа напряжённости магнитного поля показывают значительное возрастание энергии по 1 и 3-х компонентам вектора напряжённости магнитного поля, особенно в области низких частот. Последнее указывает на интенсификацию процессов деградации материала вертикальных листов в результате усталости и износа. Результаты мониторинга показали перспективность применения трёхкомпонентных феррозондов для контроля состояния элементов эскалаторов на основе метода магнитной памяти металла.

При проведении вибромониторинга характеристический импеданс сложной колебательной системы, состоящей из нескольких связанных контуров, представляет собой дискретно-сплошной спектр отраженного сигнала. Дискретные составляющие спектра частотно-

модулированы, поскольку при распространении фазовая скорость определяется как

$$C_{\phi} = \alpha \sqrt{f_0}.$$

Ширина дискрет соответствует индексу частотно-модулированного сигнала и зависит от степени связи контуров, т.е. от их добротности и жёсткости. В табл. 1 приведены средние частоты мод в зависимости от диаметра стержня закладных элементов креплений металлоконструкции эскалатора. Известно, что при коррозии стержень утончается. На рис. 5 представлена зависимость резонансных частот стержня закладных элементов креплений от его диаметра.

Рассматриваемая зависимость пропорциональна индексу частотной модуляции, т.к. фазовая скорость изменяется с частотой. Ввиду нелинейных искажений при распространении из-за дисперсии (частотной зависимости) фазовой скорости возникают биения на частотах $f_{cp} - f$ и $f_{cp} + f$. Разностные частоты дискрет находятся в диапазоне частот 350-900 Гц.

Таблица 1

Зависимость резонансных частот стержня закладных элементов креплений от его диаметра

Номер моды	Частота, Гц				
	16 мм	15,5 мм	15 мм	14,5 мм	14 мм
1	1509.6	1416.7	1326.8	1239.78	1155.8
2	2516	2361.2	2211.4	2066.4	1926.3
3	3522.4	3305.7	3095.9	2892.9	2696.9
4	4528.9	4250	3980	3719	3467
5	5535	5194	4864	4546	4238

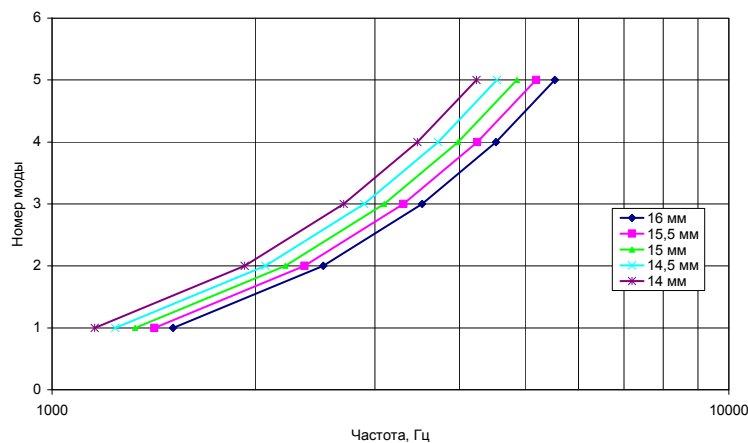


Рис. 5. Зависимость резонансных частот стержня закладных элементов креплений от его диаметра

Ввиду меньших значений фазовой скорости относительно групповой на величину фазы равную π происходит синфазное сложение, что приводит к амплитудной модуляции сигнала в соответствии с длиной волны. Поэтому при многократном отражении волн происходит чередование максимумов и минимумов амплитуд. Период их зависит от длины волны. С точки зрения волновой теории существуют интерференционные и дифракционные волны, параметры которых зависят от зон Френеля (1-я, 2-я и т.д.).

Поскольку в стержнях закладных элементов креплений распространяются поверхностные волны (Рэля, Лэмба) их спектр представляет собой не кольца (зоны) Френеля, а эллипсы. Отношения осей этих эллипсов зависят от коэффициента Пуассона. В стержнях закладных элементов креплений без дефектов формы мод имеют периодическое чередование максимумов и минимумов. При $R \gg \lambda$ (R - расстояние) радиус зоны Френеля равен

$$r_m = \sqrt{R\lambda m} \quad (\lambda - \text{длина волны, } m - \text{номер зоны}).$$

В результате многократного прохождения сигнала через зоны Френеля спектр его представляет определенное периодическое сочетание низких и высоких частот. В случае дефекта (коррозии) изменяется коэффициент Пуассона, изменяется диаметр стержней закладных элементов креплений, увеличивается рассеянная компонента сигнала, уменьшается или отсутствует когерентная компонента. Величина рассеянной компоненты (её амплитуда) при волнах Рэля зависит от размеров дефекта и его формы. В случае точечной коррозии имеет место

полусферическая выемка. В случае сплошной коррозии - цилиндрическая выемка.

Дефект может характеризоваться параметром $D = 2\pi r A^2$, где r - расстояние, A - амплитуда отраженного сигнала. Наличие и степень коррозии дополнительно характеризуются двумя параметрами: индексом частотной модуляции средних частот мод; коэффициентом амплитудной модуляции.

Первый параметр связан с задержкой сигналов при наличии дефекта, его размеров (коррозии), а второй - с величиной рассеянной компоненты, т.е. соотношения дискрет и сплошной части спектра.

В качестве признаков состояния по критерию несущей способности применялся интегрированный параметр, представляющий собой взаимосвязь между характеристиками модуляции сигнала и наличием типового повреждения в элементе.

Одним из характерных повторяющихся критериев динамического спектра является длительность спектра сигнала на основной частоте (или частотах) при изменении сигнала на 40дБ, см. рис. 6.

Характер спада частот со временем представлен на рис. 7. Дефектные участки носят криволинейный характер, а бездефектные - убывающий. Характерным признаком наличия коррозионного повреждения является амплитудно-частотная модуляция с овальными по форме, регулярно повторяющимися изображениями движения волн вибрации в теле соединения.

Обработка результатов измерений для стержней с элементами коррозии представлена на рис. 8.

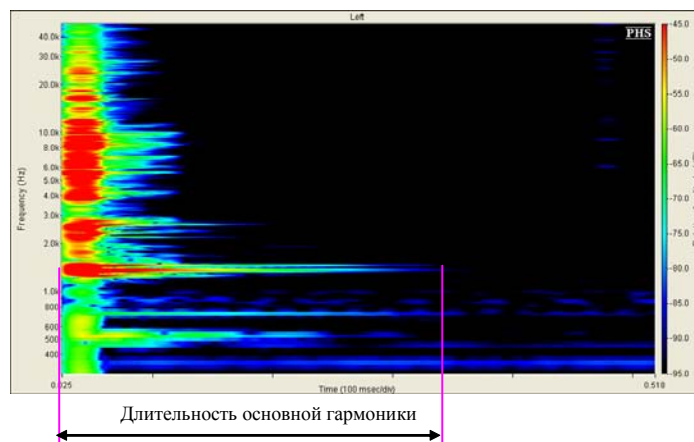


Рис. 6. Выбор диагностического признака по динамическому спектру (стержень со снижением площади поперечного сечения)

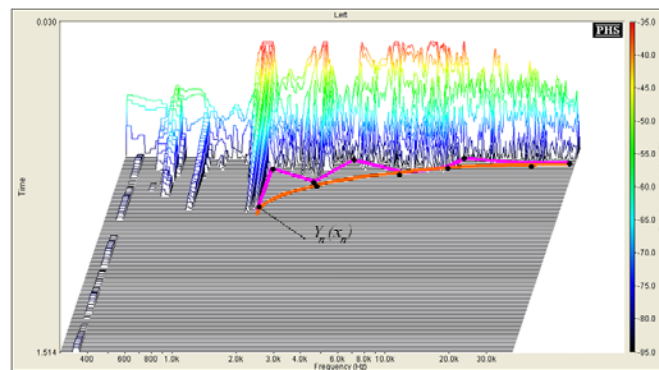


Рис. 7. Характер спадання частот со временем (синим – дефектний (криволинейний) характер убывания; красным – бездефектний, плавный)

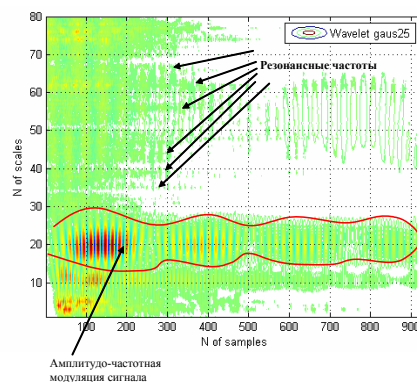


Рис. 8. Выбор диагностического признака коррозионного повреждения с применением вейвлет-представления спектра сигнала

В процессе обработки результатов измерений производилась кластеризация образов дефектов конструкции по следующим показателям: изменению частот первых гармоник и их соотношения для трёх узлов (контуров) собственных изгибных колебаний стержней; эффективной ширины дискретных составляющих; длительности затухания дискрет; затухания в спектрах в поддиапазонах частот до 8 кГц.

Функциональная зависимость огибающей спектра амплитудно-частотных характеристик стержней закладных элементов креплений представлена следующим полиномами:

$$T(f)=0,28f^2-12,27f+445,33 \text{ (без дефектов);}$$

$T(f)=0,15f^2-7,37f+361,55$ (деформированный стержень);

$T(f)=0,11f^2-4f+119,08$ (стержень со снижением эффективной площади поперечного сечения на 20%);

$T(f)=0,08f^2-2,73f+41,46$ (стержень со снижением эффективной площади поперечного сечения на 30%);

$T(f)=0,17f^2-3,34f+206,1$ (стержень с коррозионным повреждением до 30% эффективной площади поперечного сечения).

Анализ результатов натурального эксперимента выявил выделение дискретных составляющих в

низкочастотном диапазоне 0,3-1 кГц (разностные частоты биений): для стержня без дефектов 1-я гармоника изменяется на частотах 470-570 Гц при изменении нагрузки 0,5 - 7 тонн, 1-я гармоника 2-го контура – на частотах 570-680 Гц при изменении нагрузки 0,5-7 тонн; для деформированного стержня 1-я гармоника изменяется на частотах 400-480 Гц, 2-я, 3-я и 4-я гармоники 4-х контуров с 440 до 750 Гц при изменении нагрузки 0,5 - 7 тонн; для стержня с надпилами 1-я гармоника изменяется на частотах 390-480 Гц, 2-я, 3-я и 4-я гармоники 4-х контуров с 570 до 750 Гц при изменении нагрузки; для стержня с утонением 1-я и 2-я гармоники изменяются с 440 до 550 Гц, 3-я гармоника с 620 до 750 Гц при изменении нагрузки.

Частоты биений собственных колебаний увеличиваются при возрастании нагрузки линейно в пределах упругости материала. Изменяются также и соотношения частот, что свидетельствует об изменении жесткости между узлами (контурами). На границе упругого и текучего состояний металла наблюдается скачок частоты (и соответственно фазы), после которого наблюдается нелинейное изменение частот при увеличении ширины дискретных составляющих, что соответствует изменению добротности

контуров. Аналогичное изменение частоты и увеличение эффективной ширины дискрет наблюдалось и на образцах с предварительным разрезом по диаметру стержня в одной точке или в области (что эквивалентно определённому проценту коррозии). Время затухания сигнала на 40 дБ стержней с дефектами существенно меньше бездефектных образцов.

Технология определения степени снижения несущей способности металлоконструкции и стержней их крепления к фундаментам требует проведения паспортизации этих элементов для каждого эскалатора на станции метрополитена (создание вибропортретов). При линейном изменении характеристик стержней закладных элементов крепления (частот первых гармоник, их соотношения, длительности затухания при уменьшении на 40дБ), т.е. в стадии упругих деформаций можно принять решение о том, что ситуация неопасна. В случае нелинейного изменения перечисленных признаков металл стержней находится в стадии пластической деформации и элемент требует немедленной замены.

Вывод. Таким образом, применение магнитоакустического мониторинга металлоконструкций эскалаторов и их креплений к фундаментам позволяет прогнозировать их техническое состояние, планировать упреждающие мероприятия по техническому обслуживанию и ремонту с целью снижения затрат.

Литература

1. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB/ Н.К. Смоленцев. – М.: ДМК Пресс, 2008. – 448 с.
2. Власов В.Т., Дубов А.А. Физические основы метода магнитной памяти металла. М.: ЗАО “Тиссо”, 2004. – 424 с.
3. Добеши И. Десять лекций по вейвлетам, перевод. Ижевск.: НИЦ “Регулярная и хаотическая динамика”, 2001. – 464 с.
4. Иванов А. Б. Контроль соответствия в телекоммуникациях и связи: Измерения, анализ, тестирование, мониторинг. - М.: Компания “Сайрус Системс”, 2000. – 375 с.

References

1. Osnovy teorii vejvletov. Vejvlety v MATLAB/ N.K. Smolencev. – M.: DMK Press, 2008. – 448 s.
2. Vlasov V.T., Dubov A.A. Fizicheskie osnovy metoda magnitnoj pamjati metalla. M.: ZAO “Tisso”, 2004. – 424 s.
3. Dobeshi I. Desjat' lekcij po vejvletam, perevod. Izhevsk.: NIC “Reguljarnaja i haoticheskaja dinamika”, 2001. – 464 s.
4. Ivanov A. B. Kontrol' sootvetstvija v telekommunikacijah i svjazi: Izmerenija, analiz, testirovanie, monitoring. - M.: Kompanija “Sajrus Sistems”, 2000. – 375 s.

Попов В.А., Коровина М.С., Щербаков А.В. Магнитоакустичний моніторинг ескалаторів Петербурзького метрополітену

Розглянуто питання створення системи магнитоакустичного моніторингу нових ескалаторів Санкт-Петербурзького метрополітену типу ETX, призначеної для попереднього виявлення і подальшої локалізації джерел негативного впливу на металоконструкцію і механізми ескалаторів при переході на систему ТО і Р "за станом". Обґрунтовано методологічний підхід до вирішення метрологічних завдань комплексної реєстрації сигналів магнітних і акустичних збурень і створення алгоритмів їхньої просторово-часової обробки. Наведено фактори, що впливають на ефективність виявлення порушень експлуатаційних режимів з формуванням попереджувального прогнозу. Пропонується модель стану ескалатора на основі одночасної оцінки результатів замірів векторних характеристик абсолютної вібрації в різних точках ескалатора та просторового аналізу власних магнітних полів розсіювання металу в зоні розвиваються пошкоджень, що розвиваються. Наведено результати вейвлет-аналізу цих характеристик, а також розглянуто приклад класифікації стану елементів ескалатора за цими результатами.

Ключові слова: ескалатор, моніторинг, магнітний контроль, вібраційний контроль, вейвлет-аналіз.

Popov V., Korovina M., Shcherbakov A. Magnetoacoustic monitoring of escalators Petersburg subway

The problems of establishing a system for monitoring the magneto new escalators St. Petersburg underground type ETX intended for preliminary identification and subsequent localization of the negative impact on the steel structure and mechanisms of the escalators in the transition to a maintenance system and P "as". Sound methodological approach to solving complex problems of metrological signal recording magnetic and acoustic disturbances and the creation of algorithms for their spatial and temporal processing. Shows the factors affecting the efficiency of detecting violations of operating conditions with the formation of pre-emptive forecast. A model status of the escalator on the basis of simultaneous measurements of vector evaluation absolute vibration characteristics at various points of the escalator and spatial analysis of the intrinsic magnetic stray fields of metal in the developing lesions. The results of wavelet analysis of these characteristics, and consider an example classification of state of the elements of the escalator on these results.

Keywords: escalator, monitoring, magnetic control, vibration control, the wavelet analysis.

Попов В.А. - к.т.н., завідувач кафедри “Підійомно-транспортні, дорожні та будівельні машини” ПГУПС, Санкт-Петербург, Росія, e-mail: vpopov_58@mail.ru

Коровина М.С. - асистент кафедри “Автоматизоване проектування” ПГУПС, Санкт-Петербург, Росія,
e-mail: mkorovina.spb@mail.ru

Щербаков О.В. - аспірант ПГУПС, Санкт-Петербург, Росія, e-mail: shcherbakov85@mail.ru

Стаття подана 14.07.20

УДК 533.599

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ГАЗОВЫДЕЛЕНИЯ В ВАКУУМЕ ИЗ ШАРИКОПОДШИПНИКОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ

Савранский В.В., Невшупа Р.А.

STUDY OF OUTGASSING IN VACUUM FROM BALL BEARING AT VARIOUS OPERATION MODES

Savranskiy V.V., Nevshupa R.A.

На основе эмпирической модели газовой выделения и экспериментов проводится исследование поведения газовой выделения при различных режимах работы подшипника: нормальное качение и заклинивание шариков. Показано, что фрикционный нагрев зоны контакта не является определяющим фактором для выделения газов. Установлено, что повышение потока газовой выделения при заклинивании связано с повреждаемостью поверхностей качения. Таким образом, поток газовой выделения из подшипника может служить информационным параметром для анализа интенсивности заклиниваний, которые определяют работоспособность подшипника.

Ключевые слова: газовой выделение из шарикоподшипника, система диагностики, десорбция газов при трении.

Постановка проблемы. Система диагностики механизмов, работающих в вакууме, основывается на анализе потоков газовой выделения с целью определения технического состояния этих механизмов. Преимуществом этой системы является то, что информация о работоспособности механизмов, в первую очередь их наименее надежных узлов, содержащих пары трения, может быть получена из анализа сигнала давления без вскрытия системы на атмосферу, что в сверхвысоковакуумном оборудовании всегда сопряжено со значительными затратами времени и потерей производительности.

Актуальность проблемы диагностики вакуумных пар трения в современном и перспективном технологическом оборудовании электронной промышленности и в космической технике трудно переоценить. Пары трения должны обеспечить безотказную работу в условиях сверх- и экстремально высокого вакуума (10^{-12} - 10^{-7} Па), зачастую без жидкой или консистентной смазки, в широком диапазоне температур от криогенных до нескольких сотен

градусов Цельсия, воздействию ультрафиолетового излучения и космических лучей. Известно, что отказы пар трения приводили к серьезным проблемам и даже провалу космических проектов (Галилео, Хаббл и др.) [1]. Диагностирование состояния пар трения в условиях эксплуатации вакуумных механизмов позволило бы существенно снизить издержки, однако традиционные методы диагностики лишь ограниченно могут быть применены в вакуумном оборудовании. Это связано с особенностями конструкции, требованиями вакуумной гигиены, отсутствием жидкой смазки или систем рециркуляции смазки и т.п. Настоящим прорывом в этой области может стать система вакуумной диагностики.

Одной из проблем при разработке системы вакуумной диагностики шарикоподшипников является определение особенностей поведения газовой выделения из подшипников в различных режимах работ: при нормальном качении и при заклинивании шариков.

Анализ последних исследований и публикаций. Идея системы вакуумной диагностики была предложена в научной группе проф. Е. А. Деулина (МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва), а различные аспекты ее разработки исследованы в работах И. Гущина, А. Пересадько, Р. Невшупы и др. [2, 3].

В большинстве случаев при использованных в экспериментах малых скоростях вращения (100-120 об/мин) радиальная нагрузка значительно ниже осевой. Радиальные силы на подшипниках определяются силой, возникающей при радиальной деформации сальфона, и находятся решением системы уравнений баланса сил и моментов. Согласно модели Юркова Ю.В. [8], помимо нормальной работы подшипника, существует режим заклинивания, при котором,

вследствие небольшой разноразмерности шариков и осевой нагрузки, сепаратор оказывается зажат между двумя шариками, имеющими наибольший и наименьший диаметры. При заклинивании резко возрастают силы реакции между шариками и сепаратором, а также между шариками и кольцами. Предполагается, что при заклинивании также возрастает и поток газовой выделений, который может использоваться для диагностирования заклиниваний.

Цель. В данном труде рассматривается поведение газовой выделений из подшипников в различных режимах работ: при нормальном качении и при заклинивании шариков, - опираясь как на экспериментальные исследования, так и на моделирование. Физические механизмы десорбции газов анализируются на основе

рассмотрения тепловых потоков в зоне контакта и термической десорбции.

Экспериментальная установка.

Экспериментальные исследования проведены с использованием высоковакуумного стенда, схема которого показана на рис. 1. Вакуумная система стенда состоит из камеры 1 объемом 16 л, изготовленной из стали 12Х18Н10Т, откачных и измерительных средств. Откачная система состоит из механического насоса 2НВР-5ДМ 21, паромасляного насоса Н-1С (поз. 18) и двух магниторазрядных насосов НМДО-0,1-1 28 и 30. Предварительное разрежение $6,7 \times 10^{-1}$ Па создается механическим насосом через линию с клапанами. Предельное давление в камере составляло $p = 3 \times 10^{-5}$ Па.

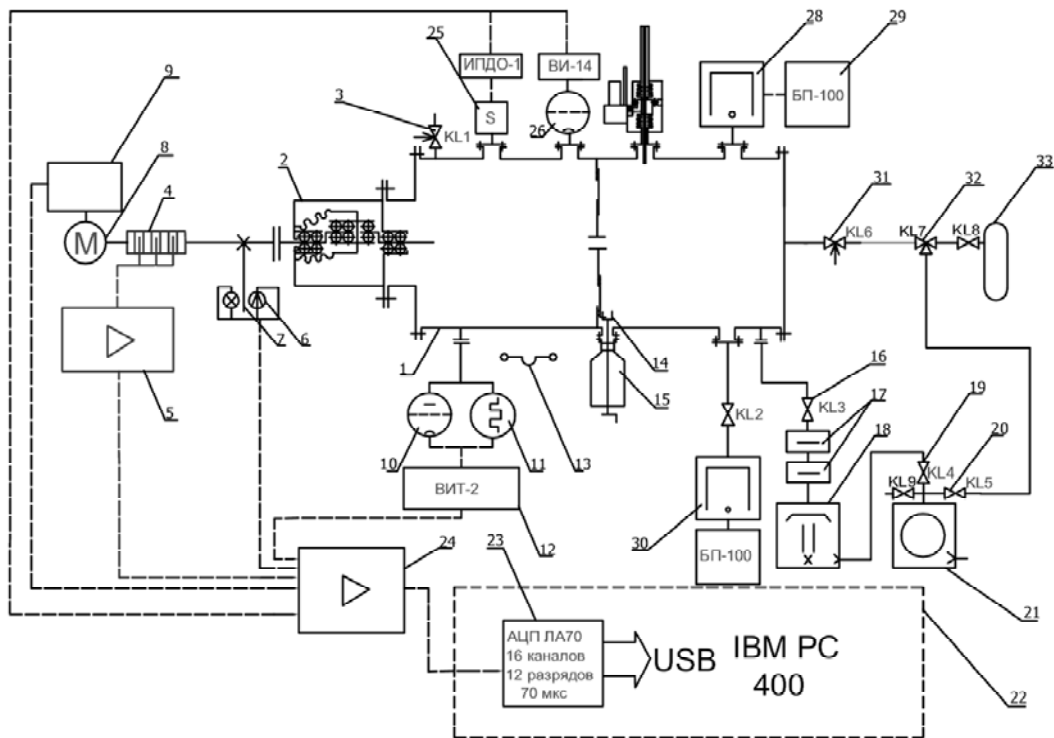


Рис. 1. Схема экспериментального стенда: 1 - вакуумная камера; 2 - испытуемый ввод ВЭС-Э; 3 - натекатель; 4- торсион; 5 - усилитель; 6,7 - датчики оборотов; 8 - двигатель постоянного тока; 9 - блок питания двигателя; 10,11,12 - вакуумметр; 13 - нагреватель; 14 - переменная диафрагма; 15 - привод регулируемой диафрагмы; 16, 19, 20, 32 – клапаны; 17 - ловушки; 18 - паромасляный насос; 21 - форвакуумный насос; 22 - компьютер; 23 - аналого-цифровой преобразователь ЛА70USB; 24 - блок усилителей; 25 - масс-спектрометр; 26 - вакуумметр; 27 - вакуумметр; 28,29 - магниторазрядные насосы; 30 - магниторазрядный насос; 31 - натекатель; 33 - баллон с газом

Вакуумная измерительная система стенда включала два манометрических ионизационных преобразователя ПМИ-27 с вакуумметрами ВИ-14 26, ионизационный ПМИ-2 10 и термопарный ПМТ-2 11 преобразователи с вакуумметром ВИТ-2 12 и масс-спектрометр омегаatronного типа ИПДО-2 с датчиком РМО-4С 25. Для проведения

очных измерений газовых потоков вакуумная камера разделена регулируемой диафрагмой с

приводом вращения 14 и 15. Для напуска газов служил игольчатый натекатель k11 3.

На стенде установлен эксцентриковый ввод вращения ВЭС-Э 2. Вращение вала механизма производилось двигателем постоянного тока с регулируемой частотой вращения ТТРВ2922-120-А 8 и блоком питания ТРА-3320 9.

Внутренний вал ввода, расположенный в вакууме, опирался на два радиальных подшипника серии 200, а также имел один подшипник серии 18 на эксцентриковой части. Сила атмосферного давления передавалась через гибкий сильфон на подшипник 18, который находился под совместной нагрузкой от радиальной и осевой силы. Перед началом эксперимента подшипники разбирались, и контактные поверхности фотографировались при помощи оптического микроскопа. После этого подшипники вновь собирались, промывались, устанавливались в рабочее положение. Во время испытания ввода вращения регистрировались следующие показатели: давление в вакуумной камере, момент сопротивления вращению и частота вращения вала. Через некоторые промежутки времени испытания ввода подшипники вынимались для повторной разборки и исследования контактных поверхностей всех компонентов при помощи оптического и конфокального микроскопа белого света. Испытания проводились до достижения критического значения момента сопротивления вращению, которое в данной работе было установлено на уровне 5 Нм.

Более подробно устройство экспериментальной системы, ввода вращения и методики исследований рассмотрены в ранее опубликованных работах [3, 5, 6].

Результаты экспериментальных исследований. Рис. 2 и 3 показывают записи сигналов давления в вакуумной камере при работе шарикоподшипника и момент сопротивления вращению, измеренные одновременно. В процессе работы высоковакуумного ввода происходят всплески давления, соответствующие единичным заклиниваниям в подшипниках.

Следует отметить, что на записи сигнала момента сопротивления всплески момента, соответствующие заклиниваниям, можно выявить только при помощи специальной обработки сигнала.

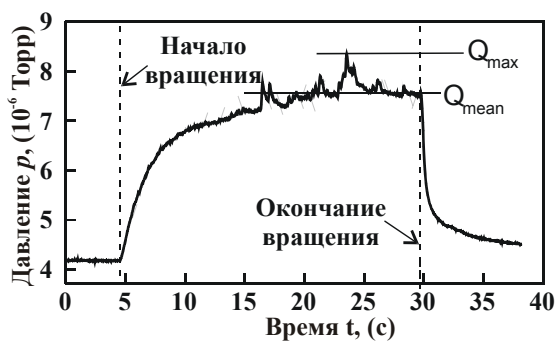


Рис.2. Сигнал давления в вакуумной системе при работе шарикоподшипника

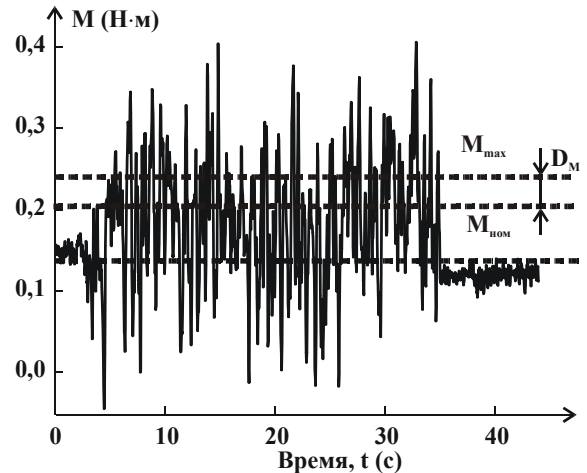


Рис.3. Сигнал момента сопротивления вращению шарикоподшипника

По мере увеличения наработки ввода и износа поверхностей трения подшипников интенсивность всплесков давления при заклиниваниях значительно возрастает, однако отдельные всплески носят весьма краткосрочный характер, так что среднее значение потока газовыделения изменяется незначительно. На рис. 4 показана запись сигнала давления после наработки 60 т.об., а на рис. 5 - значения среднего, максимального потоков и среднеквадратического отклонения потока газовыделения в зависимости от наработки. Пики потока приходятся на те измерения, в которых число заклиниваний и их интенсивность особенно велики.

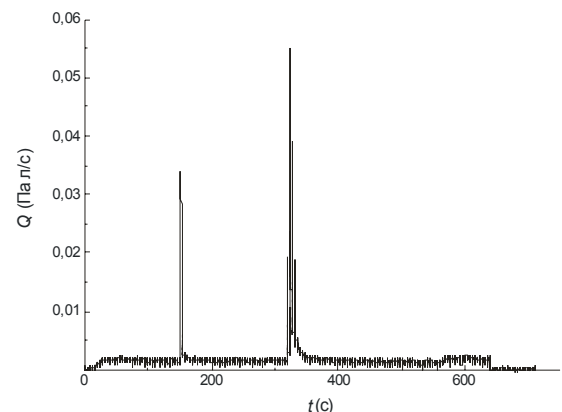


Рис.4. Поток газовыделения из шарикоподшипника при нормальной работе (наработка 60 т. об.)

Моделирование газовыделения из шарикоподшипника. Эмпирическая модель газовыделения из подшипников в вакууме была разработана в научной школе проф. Е. А. Деулина в МГТУ им. Н.Э. Баумана на основе полнофакторного эксперимента. Согласно этой модели удельный поток газовыделения зависит от удельной нагрузки в контакте P , [МПа] и скорости скольжения V_{ck} [мс^{-1}]:

$$q = (4 - 582,2 \cdot V_{ck} - 0,007P + 0,06V_{ck}P) \cdot 10^{-1} \quad (1)$$

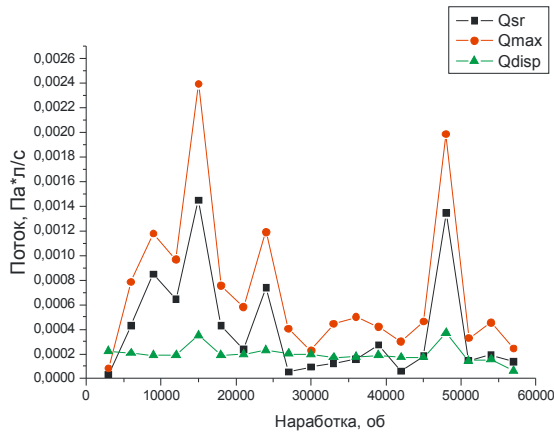


Рис.5. График изменения потока газовой выделения из шарикоподшипника при различных наработках

Полный поток газовой выделения равен сумме потоков из всех пар трения, включая контакты шариков с наружным и внутренним кольцами, а также заклинивших шариков с сепаратором (при заклинивании):

$$S_{ном} = \sum A \cdot q, \quad (2)$$

где A – площадь каждого контакта. Удельные нагрузки и площади контакта были рассчитаны по модели Герца с учетом модели Юркова,

описывающей распределение реакций при заклинивании. Скорости проскальзывания рассчитаны по модели Хитстоута. Результаты расчетов для двух режимов работы подшипника представлены в табл. 1. Результаты расчета показывают, что дополнительный поток газовой выделения при одновременном заклинивании в трех шарикоподшипниках может достигать $2,45 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 \text{ Пас}^{-1}$, или 45,93% по отношению к газовой выделению в режиме работы без заклинивания. Расчетные значения в целом совпадают с экспериментально измеренными значениями: средний измеренный поток при заклинивании составляет $1,2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 \text{ Пас}^{-1}$, а максимальный поток газовой выделения может достигать $2,4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 \text{ Пас}^{-1}$ (рис. 5). Такое соответствие можно считать удовлетворительным, принимая во внимание значительное рассеяние коэффициента трения при заклинивании на изношенных поверхностях, а также случайный характер заклиниваний. В течение длительного времени считалось, что фрикционный нагрев является основной причиной для газовой выделения из пар трения.

Таблица 1

Результаты моделирования газовой выделения из шарикоподшипников высоковакуумного ввода движения типа ВЭС-Э

Параметр	Тип подшипника		
	18	200 (1)	200 (2)
Скорость скольжения шарика, $V_{ск}$ (мс^{-1})	$0,4321 \times 10^{-3}$	$1,9 \times 10^{-3} \cdot 65$	$1,9 \times 10^{-3} \cdot 65$
Удельная нагрузка в контакте, P (МПа)	221,4	198,8	148,9
Удельная нагрузка в контакте при заклинивании, P_z (МПа)	226,4	211,9	158,7
Сила трения, $F_{тр}$ (Н)	54,71	67,384	28,3
Поток газа из подшипника при нормальной работе ($\text{м}^3 \text{ Пас}^{-1}$)	$1,86447 \times 10^{-6}$	$2,235 \times 10^{-6}$	$1,24244 \times 10^{-6}$
Дополнительный поток газа из подшипника при заклинивании ($\text{м}^3 \text{ Пас}^{-1}$)	$84,66355 \times 10^{-7}$	$1,0412 \times 10^{-6}$	$57,8159 \times 10^{-7}$

Однако недавние исследования поставили под сомнение эту гипотезу, по крайней мере в отношении миниатюрных и слабонагруженных пар трения. Для определения природы газовой выделения из шарикоподшипников в данной работе был проведен расчет температуры в точке контакта по методике Тиана и Кеннеди [7] для упругого эллиптического контакта:

$$T_{max} = \frac{1,31 \cdot b \cdot p_0 \cdot f \cdot U}{[K_1 \sqrt{(1,2344 + P_{z1})} + K_2 \sqrt{(1,2344 + P_{z2})}]}, \quad (2)$$

где b – полуось эллипса в направлении движения пятна контакта (м), p_0 – среднее давление в

контакте (Па), f – коэффициент трения, U – относительная скорость между контактирующими телами (м/с), K_1 – коэффициент теплопроводности 1-ой поверхности (Вт/м·К), K_2 – коэффициент теплопроводности 2-ой поверхности (Вт/м·К), P_{e1} – число Пекле для 1-ой поверхности, P_{e2} – число Пекле для 2-ой поверхности.

Число Пекле рассчитывалось с учетом относительной скорости движения зоны контакта по поверхностям контактирующих тел, исходя из кинематических соотношений в элементах шарикоподшипника, геометрических параметров эллипса пятна контакта и среднего давления в контакте [4]. Результаты расчета представлены в табл. 2.

В зонах контакта шариков с кольцами при работе без заклинивания расчетное повышение температуры не превышает 2 градусов. При заклинивании подъем температуры может составлять 23 градуса. Учитывая краткосрочность контакта, столь незначительный подъем

температуры не является убедительным для объяснения газовой выделения.

По-видимому, кроме нагрева, должны иметься другие стимулирующие факторы для десорбции, например, износ и повреждаемость материалов.

Т а б л и ц а 2

Результаты моделирования фрикционного нагрева в зоне контакта и термической десорбции шарикоподшипников

Параметр	Тип подшипника		
	18	200 (1)	200 (2)
Максимальная температура шарик-внутреннее кольцо, $T_{ш-вн}$, (С)	1,819	0,971	0,727
Максимальная температура шарик-наружное кольцо, $T_{ш-нар}$, (С)	1,726	0,92	0,689
Максимальная температура шарик-сепаратор, $T_{ш-сеп}$, (С)	20,361	23,192	17,371

В дальнейшем планируется исследовать взаимосвязь газовой выделения и повреждаемости для данных подшипников.

Выводы. Экспериментальные исследования показали, что поток газовой выделения возрастает при заклинивании подшипников. Расчетные значения потока в целом совпадают с экспериментальными, принимая, что некоторое расхождение в расчетном и измеренном потоке газовой выделения связано с погрешностью измерения давления, возможной погрешностью измерения скорости откачки системы, рассеянием коэффициента трения и случайным характером заклиниваний.

Проведенные расчеты температуры в точках контакта показывают, что максимальная температура при работе шарикоподшипников не превышает 40°C в наиболее нагруженном подшипнике. Это позволяет предположить, что фрикционный нагрев не является доминирующим механизмом для газовой выделения из шарикоподшипника. Следует ожидать, что газовой выделение в большей степени связано с износом и повреждаемостью, что открывает возможности для создания эффективной системы вакуумной диагностики.

Л и т е р а т у р а

1. Fusaro R.L., Tribology needs for future space and aeronautical systems, in NASA Technical Memorandum 1991, NASA: Houston. p. 32.
2. Deulin E.A., Mikhailov V.P., Panfilov Y.V., et al. Mechanics and physics of precise vacuum mechanisms. Fluid mechanics and its applications. Vol. 91. Dordrecht: Springer, 2010. 234.
3. Peressadko A.G., Nevshupa R.A., Deulin E.A. Mechanically stimulated outgassing from ball bearings in vacuum // Vacuum. 2002. V. 64. N. 3-4. P. 451-456.

4. Перель Л.Я. Подшипники качения: Расчет, проектирование и обслуживание опор: Справочник. – М.: Машиностроение, 1983. – 543 с.

5. Невшупа Р.А. Научные основы управления процессами трибодесорбции газов в узлах трения сверхвысоковакуумного оборудования электронной техники и нанотехнологий. Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана; 2010.

6. Савранский В.В., Невшупа Р.А. (2008) Исследование корреляции статистических параметров кинетики трибодесорбции газов и интенсивности диссипации механической энергии в высоковакуумных шарикоподшипниках. In: Войнов КН, editor. Трибология и надежность. Санкт-Петербург: СПбГУПС. p.135

7. Xuefeng Tian, Francis E. Kennedy. // Journal of Tribology. 1994. V.116. P.167-173.

8. Юрков Ю.В. Механизм заклинивания шарикоподшипника в вакууме // Известия вузов. Машиностроение 1982. - №4. -С. 23 - 27.

R e f e r e n c e

1. Fusaro R.L., Tribology needs for future space and aeronautical systems, in NASA Technical Memorandum 1991, NASA: Houston. p. 32.
2. Deulin E.A., Mikhailov V.P., Panfilov Y.V., et al. Mechanics and physics of precise vacuum mechanisms. Fluid mechanics and its applications. Vol. 91. Dordrecht: Springer, 2010. 234.
3. Peressadko A.G., Nevshupa R.A., Deulin E.A. Mechanically stimulated outgassing from ball bearings in vacuum // Vacuum. 2002. V. 64. N. 3-4. P. 451-456.
4. Perel L.Y. Ball bearings: Calculation, construction and maintenance of bearing: Directory. – Moscow: Mechanical engineering, 1983. – P. 543.
5. Nevshupa R.A. Scientific foundation of tribo-desorption of gas processes controlling at the tribological units of ultrahigh vacuum equipment of electronic engineering and nanotechnology. Moscow: Bauman MSTU. 2010.

6. Savransky V.V., Nevshupa R.A. (2008) Reaseaching of correlation of statistic parameters of tribodesorbition gas kinetics and intensity of mechanical energy dissipation in the high vacuume ball bearings. Tribology and reliability. St.Petersburg. SPbGUPS. p.135

7. Xuefeng Tian, Francis E. Kennedy. //Journal of Tribology.1994.V116. P.167-173.

8. Yurkov U.V. Mechanism of ball bearing locking at the vacuume. // Proceedings of the universities. Mechanical engineering 1982. - №4. - P. 23 - 27.

Савранський В.В., Невшупа Р.О.
Дослідження поведінки газовиділення у вакуумі з шарикопідшипників за різних режимів роботи.

На базі емпіричної моделі газовиділення і експериментів проводиться дослідження поведінки газовиділення за різних режимів роботи підшипника: нормальне кочення і заклинювання кульок. Показано, що фрикційний нагрів зони контакту не є визначальним фактором для виділення газів. Встановлено, що підвищення потоку газовиділення при заклинюванні пов'язане з пошкоджуваністю поверхонь кочення. Таким чином, потік газовиділення з підшипника може бути інформаційним параметром для аналізу інтенсивності заклинювань, які визначають працездатність підшипника.

Ключові слова: газовиділення з шарикопідшипника, система діагностики, десорбція газів при терті.

Savranskiy V.V., Nevshupa R.A. STUDY OF OUTGASSING IN VACUUM FROM BALL BEARING AT VARIOUS OPERATION MODES

Outgassing behaviour from ball bearings depending on the operation mode was studied using experimental and modeling approaches. It was shown that increasing of outgassing corresponded to the seizure of a ball bearing. Friction heating of contact zone was below 23 C and hardly can explain the observed outgassing. It is suggested that the outgassing is related to wear and surface damage on the races and balls.

Keywords: outgassing from ball bearing, diagnostic system, gas desorption

Савранский В.В. - Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана. Россия, 105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, 5, e-mail: savransky@yandex.ru

Невшупа Р.А. – д.т.н., IETCC-CSIC, Spain, C/ Serrano Galvache 4, Madrid 28033, e-mail: nevshupa@mail.ru

Статья подана 06.08.2013

УДК 621.22

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ГОРОДА АВТОТРАНСПОРТОМ И ПРОМЫШЛЕННЫМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ НА ОСНОВАНИИ РАСЧЕТНЫХ МЕТОДОВ

Сулейманов И.Ф., Маврин Г.В., Макарова И.В.

THE ASSESSMENT OF THE CITY AIR POLLUTION BY AUTOMOBILE TRANSPORTATION AND INDUSTRIAL ENTERPRISES BASING ON CALCULATION METHODS

Suleimanov I., Mavrin G., Makarova I.

В статье проанализированы сведения о действующих стационарных источниках загрязнения атмосферы города Набережные Челны, их качественных и количественных характеристиках, фактических выбросах, а также проведены натурные обследования структуры и интенсивности подвижного автотранспортного потока на основных магистралях города. На основании полученных данных был проведен сводный расчет 143 загрязняющих веществ, в том числе входящих в 28 групп суммации, по каждому веществу построены и проанализированы карты распределения уровня загрязнения воздуха на всей территории города. По характеру пространственного распределения удалось выделить две четко различающиеся группы загрязняющих веществ: преимущественно содержащиеся в выбросах промышленных предприятий и поступающие в атмосферный воздух главным образом с выбросами от автотранспорта. На основании сводных расчетов загрязнения воздушного бассейна города определен расчетный комплексный индекс загрязнения атмосферы.

Ключевые слова: атмосферный воздух, загрязняющие вещества, расчет рассеивания, карты рассеивания, стационарные источники передвижные источники, жилая зона, промзона, группы загрязняющих веществ.

Экологические проблемы городов, главным образом наиболее крупных из них, связаны с чрезмерной концентрацией на сравнительно небольших территориях населения, транспорта и промышленных предприятий, с образованием антропогенных ландшафтов, очень далеких от состояния экологического равновесия. Рост промышленных объектов и постоянный рост автомобилизации сопровождается рядом негативных явлений и, прежде всего, чрезмерным скоплением в атмосфере различных газовых и пылеобразных загрязнений, что приводит в

крупных промышленных городах к необратимым разрушениям окружающего ландшафта и биосферы в целом [1, 2].

Состояние загрязнения атмосферного воздуха в городах Российской Федерации определяется на основании инструментального мониторинга, включающего наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха с помощью стационарных постов и, дополнительно, с помощью передвижных лабораторий. На основании полученных измерений концентрации загрязняющих веществ стационарными постами и передвижными лабораториями определяется уровень загрязнения атмосферного воздуха города. Полученная при экспериментальном мониторинге информация недостаточна в части описания загрязнения атмосферы города всеми поступающими в нее вредными веществами, не дает полную картину рассеивания загрязняющих веществ и не позволяет решать задачи идентификации и контроля зон хронического загрязнения атмосферы на больших территориях, сопоставимых по масштабу с городами, областями, федеральными округами и прочими масштабными территориальными единицами [2, 3, 4, 5]. Исходя из положения Федерального закона «Об охране атмосферного воздуха» для эффективного решения проблемы обеспечения чистоты воздушного бассейна необходим комплексный подход, предусматривающий проведение сводных расчетов загрязнения воздушного бассейна городов (регионов) выбросами промышленности и автотранспорта.

Набережные Челны, где проживает более полумиллиона человек, является тридцатым по численности населения в России, вторым по численности населения и значимости городом

Республики Татарстан. Город характеризуется высоким уровнем развития промышленности и транспортных сетей. Проведение сводных расчетов загрязнения воздушного бассейна города позволит разработать эффективные механизмы государственного управления состоянием городской среды, актуальные для больших городов.

В соответствии с методами, изложенными в [6], были собраны, обработаны и систематизированы сведения о действующих источниках загрязнения атмосферы предприятий города, определены их физические параметры, качественный и количественный состав загрязняющих веществ, фактические объемы выбросов. Распределение стационарных источников загрязнения атмосферного воздуха по отраслям, полученное по результатам систематизации собранной информации, приведены на рис. 1.

Проведено обследование характеристик движущегося автотранспортного потока на 43 автомагистралях, составлено 154 протокола обследования состава и интенсивности движущегося автотранспортного потока автомагистралей для каждого участка транспортной магистрали [6, 7, 8].



Рис. 1. Доли вкладов предприятий в загрязнение атмосферного воздуха города Naberezhnye Chelny по отраслям

Анализ данных протоколов обследования состава и интенсивности автотранспортных потоков на основных автомагистралях г. Naberezhnye Chelny показал, что на городских автомагистралях, расположенных в жилой зоне города, основной вклад в суммарную интенсивность движения вносят легковые автомобили (85-95%), вклад грузового транспорта не превышает 3-4 %.

Для промышленной зоны, дорог федерального и республиканского значения вклад грузового транспорта в суммарную интенсивность движения может составлять 10-20 %, что связано с назначением данных объектов. Соответственно,

вклад легкового транспорта в суммарную интенсивность движения составляет 60-80%.

Анализ результатов натурных обследований структуры и интенсивности движущегося автотранспортного потока г. Naberezhnye Chelny показал, что для автомагистралей города характерна различная загрузка, то есть наибольшая интенсивность движения на различных автомагистралях наблюдается в разное время суток.

Например, для промзоны наибольший автотранспортный поток наблюдался с 6:30 до 8:00 часов и с 16:30 до 18:00, соответственно, перед началом работы предприятий и после окончания рабочего дня, в остальное время загрузка автомагистралей незначительна. Для автодорог, ведущих в промзону (Вахитовский проспект, Автозаводской проспект, проспект Дружбы народов, ул. Королева), максимальный поток наблюдался в это же время.

Для основных транспортных магистралей города (проспект Мира, Московский проспект, Naberezhnochelnyнский проспект и др.) наибольшая транспортная загрузка приходится на дневное время и с 17:00 до 18:30. Для Казанского проспекта, ул. Машиностроительной и Мензелинского тракта (автомагистраль федерального значения М7, проходящая через город и его промзону) характерна дневная загрузка, так как в это время через город проходит основной поток транзитного автотранспорта.

При формировании данных для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха выбросами промышленных предприятий и автотранспорта города учтены выбросы 240 автомобильных стоянок, 193 автозаправочных станций, станций технического обслуживания и автомобильных моек.

На основании полученных данных выполнен сводный расчет рассеивания 143 загрязняющих веществ, в том числе образующих 28 групп суммации. При выполнении расчетов учтены влияния метеоусловий и рельефа местности на характер распределения примесей [9, 10, 11, 12]. Проведенные расчеты позволили получить картину распределения уровня загрязнения атмосферного воздуха по всей территории города Naberezhnye Chelny. На рисунке 2 приведена карта рассеивания оксида углерода.

По итогам расчета рассеивания загрязняющих веществ прогнозируется превышение концентрации оксида углерода, диоксида азота и образуемых данными веществами групп суммации в жилой зоне города. Для оксида углерода зоны со значениями максимальных приземных концентраций более 1 ПДК наблюдаются вдоль крупных автомобильных магистралей и развязок. Превышение ПДК диоксида азота ожидается более чем на 70% территории города Naberezhnye Chelny. Для

загрязняющих веществ, содержащихся в выбросах предприятий города, превышения ПДК на границе с селитебной зоной не предполагается. Наибольшие концентрации в долях ПДК прогнозируются по следующим веществам и группам суммаций: марганец и его соединения 0,66 ПДК; натр едкий 0,6 ПДК; углерод (сажа) 0,31 ПДК; диметилбензол (ксилол) 0,7 ПДК; бутан-1-ол 0,35 ПДК; фенол 0,26 ПДК; бутилацетат 0,6 ПДК; ацетон 0,2 ПДК; триэтаноламин 0,22 ПДК; масло минеральное нефтяное 0,8 ПДК; сольвент нефтя 0,6 ПДК; пыль абразивная 0,2 ПДК; группа суммации 6015 (ацетон, фурфурол, формальдегид и фенол) 0,55 ПДК; группа суммации 6017 (аэрозоли пятиоксида ванадия и окислов марганца) 0,65 ПДК; группа суммации 6038 (серы диоксид и фенол) 0,35 ПДК; группа суммации 6052 (уксусная кислота, фенол и этилацетат) 0,3 ПДК.

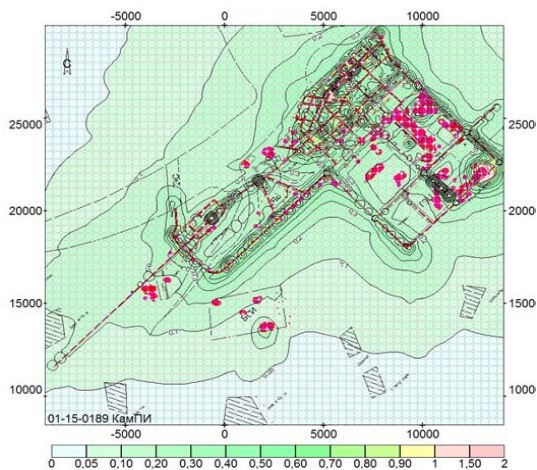


Рис. 2. Карта рассеивания оксида углерода

Для оценки доли вкладов от предприятий города в загрязнения селитебной зоны проведен расчет без учета автотранспорта и предприятий автотранспортного комплекса. Установлено, что расчетные выбросы оксида углерода и диоксида азота стационарными источниками в сравнении с передвижными не столь существенны и обуславливают не более 0,1 ПДК. Это объясняется, с одной стороны, удаленностью от жилой зоны большинства крупных стационарных источников загрязнения атмосферного воздуха, с другой - меньшим совокупным выбросом данных загрязняющих веществ по сравнению с автотранспортом.

На рис. 3 представлена диаграмма распределения концентраций в долях ПДК 19 приоритетных загрязняющих веществ по их содержанию по 4 точкам контроля, которые находятся на территории жилых микрорайонов.

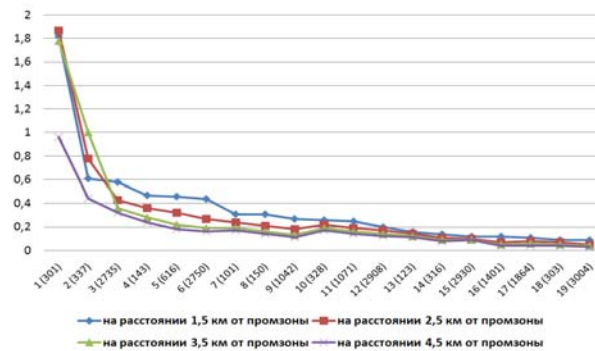


Рис. 3. Концентрации загрязняющих веществ в долях ПДК по мере удаления от промышленной зоны: 1 – 301 диоксид азота; 2 – 337 оксид углерода; 3 – 2735 масло минеральное нефтяное; 4 – 143 марганец и его соединения; 5 – 616 ксилол; 6 – 2750 сольвент-нафта; 7 - 0101 диалюминий триоксид; 8 – 150 натр едкий; 9 – 1042 бутан-1-ол; 10 – 328 сажа; 11 – 1071 фенол; 12 – 2908 пыль неорганическая; 13 – 123 железа оксид; 14 – 316 соляная кислота; 15 – 2930 пыль абразивная; 16 – 1401 ацетон; 17 – 1864 триэтаноламин; 18 – 303 аммиак; 19 – 3004 азокрасители прямые

По 17 приоритетным загрязняющим веществам наблюдается уменьшение содержания в атмосферном воздухе по мере удаления от промышленной зоны. Для диоксида азота и оксида углерода зафиксировано увеличение расчетной концентрации в 2 точках, расположенных в центральной части города. Для оценки изменений была построена диаграмма изменения концентраций с шагом 300 м по удалению от промзоны (рис. 4) для веществ: марганец и его соединения (143), сольвент-нафта (2750), оксид углерода (337) и диоксида азота (301). Для марганца и сольвента характерно уменьшение концентрации по мере увеличения расстояния от промзоны.

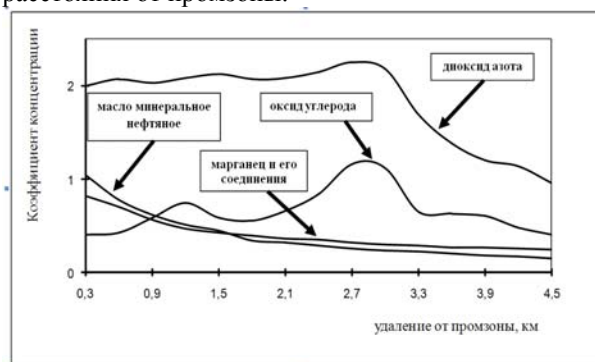


Рис. 4. Зависимость концентрации загрязняющих веществ в долях ПДК от удаленности от промзоны

Содержание в атмосферном воздухе оксида углерода и диоксида азота увеличивается по мере приближения к центру города в связи с высокой интенсивностью движения. В этой связи загрязняющие вещества, поступающие на территорию города, условно можно разделить на 2 группы. К первой группе относятся вещества,

преимущественно содержащиеся в выбросах промышленных предприятий. Ко второй группе относятся загрязняющие вещества, поступающие в атмосферный воздух главным образом с выбросами от автотранспорта.

На основании анализа результатов рассеивания определено 5 приоритетных загрязняющих веществ: марганец и его соединения, оксид углерода, диоксид азота, ксилол, масло минеральное нефтяное. Далее, в соответствии с методикой, изложенной в [14], определен расчетный комплексный индекс загрязнения атмосферы по представленным веществам. Пространственное распределение расчетного комплексного индекса загрязнения атмосферы отображено на рис. 5.



Рис. 5. Карта пространственного распределения расчетного комплексного индекса загрязнения атмосферы

В соответствии с существующими методами оценки загрязнения атмосферы [14] установлено, что значения расчетного комплексного индекса загрязнения атмосферы на территории 75% жилой зоны города находится в пределах 4, что, в свою очередь, свидетельствует о низком уровне загрязнения воздуха. Максимальные значения расчетного комплексного индекса загрязнения атмосферы выявлены в жилых микрорайонах, расположенных в непосредственной близости к промышленной зоне, а также вблизи федеральной трассы М-7.

Заключение

Описание загрязнения атмосферы, основанное исключительно на данных экспериментального мониторинга, недостаточно и не дает полного представления о рассеивании загрязняющих веществ. Уточненную и более наглядную картину загрязнения воздушного бассейна города можно составить с привлечением расчетных методов, требующих детального

изучения всей совокупности стационарных и подвижных источников выбросов.

В рамках настоящего исследования собраны и проанализированы сведения о действующих стационарных источниках загрязнения атмосферы, их качественных и количественных характеристиках, фактических выбросах, а также проведены натурные обследования структуры и интенсивности движущегося автотранспортного потока на основных магистралях города Naberezhnye Chelny.

На основании полученных данных впервые для города Naberezhnye Chelny был произведен сводный расчет 143 загрязняющих веществ, в том числе входящих в 28 групп суммации, по каждому веществу построены и проанализированы карты распределения уровня загрязнения воздуха по всей территории города.

По результатам расчета рассеивания загрязняющих веществ составлен прогноз концентраций загрязняющих веществ в жилой зоне города и выявлены вещества и группы суммации, для которых вероятно превышение ПДК: оксид углерод, диоксид азота и образуемые данными веществами группы суммации. Установлено, что зоны с ожидаемыми значениями максимальных приземных концентраций более 1 ПДК оксида углерода наблюдаются вдоль крупных автомобильных магистралей и развязок.

Для оценки относительной доли выбросов от стационарных и подвижных источников был проведен расчет без учета автотранспорта и предприятий автотранспортного комплекса. Установлено, что расчетные выбросы оксида углерода и диоксида азота стационарными источниками в сравнении с передвижными не столь существенны и составляют не более 0,1 ПДК.

По характеру пространственного распределения удалось выделить две четко различающиеся группы загрязняющих веществ: преимущественно содержащиеся в выбросах промышленных предприятий и поступающие в атмосферный воздух главным образом с выбросами от автотранспорта.

По результатам расчета рассеивания загрязняющих веществ определен расчетный индекс загрязнения атмосферы на территории города.

Литература

1. Сулейманов, И.Ф., Маврин, Г.В., Харлямов, Д.А., 2011. Применение расчетного мониторинга для оценки загрязнения атмосферы городской среды. Научно-технический вестник Поволжья. #2. 2011г. –

Казань: Научно-технический вестник Поволжья, – С.107-111.

2. Сулейманов, И.Ф., Маврин, Г.В., Харлямов, Д.А., 2011. Расчет загрязнения воздушного бассейна города промышленными предприятиями и автотранспортом. Экология промышленного производства. Межотр. науч.-практ. журнал / ФГУП «ВИМИ». Вып. 3. С 14-18.

3. Миляев, В.Б., Головина, Н.М., Селякова, А.Н., 2010 г. Анализ выбросов загрязняющих веществ от стационарных и передвижных источников на территории города Санкт – Петербурга и Ленинградской области/Научные труды Проблемы охраны атмосферного воздуха НИИ «Атмосфера» г. Санкт – Петербург.

4. Europe's polluters will pay their way. - New Sci. - 1989 - 122. - N 1678. - p.20.

5. Review of National Strategies and policies for the abatement of air pollution. Economic commission for Europe. Eighth session, Geneva (20-23 November 1990).

6. Миляев, В.Б., 2000г. Методическое пособие по выполнению сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха выбросами промышленных предприятий и автотранспорта города (региона) и их применению при нормировании выбросов / утверждена приказом Госкомэкологии России №66 от 16 февраля 1999 года / г. Санкт Петербург .

7. Рекомендации по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах: отраслевой дорожный методический документ: утв. распоряжением Минтранса России № ОС-557-р от 24.06.2002 г.

8. Расчетные инструкции (методики) по инвентаризации выбросов Р24 загрязняющих веществ автотранспортными средствами и дорожностроительными машинами в атмосферный воздух, 2008. / ОАО НИИАТ. – М.: Автополис-плюс, – 84 с., табл.

9. Amann, M., Gyarfas, F., Schopp, W., Boudri, J.C., 2000. Prévision d'air- un système de modélisation de la contamination atmosphérique, Emap., 87 p. 170.

10. Gourbay, C., Miege, C., Tusseau-Vuillemin, M.Y., 2002,. Numerical simulation of gazphase atmospheric model // Atmos. Environ. #36. - p. 873-879

11. Gram, F., Gronskey, K.E., 1980. Program «TFKJEMI» Modell-beregninger av fotolgemiske oksydanter I Grenland. Lielestrom. - (NILU TN 15/79). - P.47- 53. 170.

12. Kajino, M., 2003. Modelling Liquid Water Content of Atmospheric Aerosols. IASIA IR 03-046.

13. Klaassen, G., Amann, M., Berglund, C., 2004. The Extension of the RAINS Model to Greenhouse Gases. NASA IR 04-015.

14. Маврин, Г.В., Дворяк, С.В., Падемирова Р.М., 2007. Информационные методы в экологическом мониторинге: Учебное пособие к практическим занятиям для студентов специальности 28020165 «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов». - Набережные Челны: ИНЭКА, - 120 с.

References

1. Sulejmanov, I.F., Mavrin, G.V., Harljamov, D.A., 2011. Primenenie raschetnogo monitoringa dlja ocenki zagrjaznenija atmosfery gorodskoj sredi. Nauchno-tehnicheskij vestnik Povolzh'ja. #2. 2011g. – Kazan': Nauchno- tehnicheskij vestnik Povolzh'ja, – S.107-111.

2. Sulejmanov, I.F., Mavrin, G.V., Harljamov, D.A., 2011. Raschet zagrjaznenija vozdušnogo bassejna goroda promyshlennymi predpriyatijami i avtotransportom. Jekologija promyshlennogo proizvodstva. Mezhotr. nauch.-prakt. zhurnal / FGUP «VIMI». Vyp. 3. S 14-18.

3. Miljaev, V.B., Golovina, N.M., Seljakova., A.N., 2010 g. Analiz vybrosov zagrjaznjajushhih veshhestv ot stacionarnyh i peredvizhnyh istochnikov na territorii goroda Sankt – Peterburga i Leningradskoj oblasti/Nauchnye trudy Problemy ohrany atmosfernogo vozduha NII «Atmosfera» g. Sankt – Peterburg.

4. Europe's polluters will pay their way. - New Sci. - 1989 - 122. - N 1678. - p.20.

5. Review of National Strategies and policies for the abatement of air pollution. Economic commission for Europe. Eighth session, Geneva (20-23 November 1990).

6. Miljaev, V.B., 2000g. Metodicheskoe posobie po vypolneniju svodnyh raschetov zagrjaznenija atmosfernogo vozduha vybrosami promyshlennyh predpriyatij i avtotransporta goroda (regiona) i ih primeneniju pri normirovanii vybrosov / utverzhdena prikazom Goskomjekologii Rossii №66 ot 16 fevralja 1999 goda / g. Sankt Peterburg .

7. Rekomendacii po obespecheniju bezopasnosti dvizhenija na avtomobil'nyh dorogah: otraslevoj dorozhnyj metodicheskij dokument: utv. rasporyzheniem Mintransa Rossii № OS-557-r ot 24.06.2002 g.

8. Raschetnye instrukcii (metodiki) po inventarizacii vybrosov R24 zagrjaznjajushhih veshhestv avtotransportnymi sredstvami i dorozhnostritel'nymi mashinami v atmosfernyj vozduh, 2008. / ОАО НИИАТ. – М.: Автополис-плюс, – 84 с., tabl.

9. Amann, M., Gyarfas, F., Schopp, W., Boudri, J.C., 2000. Prévision d'air- un système de modélisation de la contamination atmosphérique, Emap., 87 p. 170.

10. Gourbay, C., Miege, C., Tusseau-Vuillemin, M.Y., 2002,. Numerical simulation of gazphase atmospheric model // Atmos. Environ. #36. - p. 873-879

11. Gram, F., Gronskey, K.E., 1980. Program «TFKJEMI» Modell-beregninger av fotolgemiske oksydanter I Grenland. Lielestrom. - (NILU TN 15/79). - P.47- 53. 170.

12. Kajino, M., 2003. Modelling Liquid Water Content of Atmospheric Aerosols. IASIA IR 03-046.

13. Klaassen, G., Amann, M., Berglund, S., 2004. The Extension of the RAINS Model to Greenhouse Gases. NASA IR 04-015.

14. Mavrin, G.V., Dvorjak, S.V., Pademirova R.M., 2007. Informacionnye metody v jekologicheskom monitoringe: Uchebnoe posobie k prakticheskim zanjatijam dlja studentov special'nosti 28020165 «Ohrana

okruzhajushhej srede i racional'noe ispol'zovanie prirodnyh resursov». - Naberezhnye Chelny: INJeKA, - 120 s.

Сулейманов І.Ф., Маврин Г.В., Макарова І.В. Оцінка забруднення атмосферного повітря міста автотранспортом і промисловими підприємствами на основі розрахункових методів

У статті проаналізовано відомості про діючі стаціонарні джерела забруднення атмосфери міста Набережні Челни, їх якісні та кількісні характеристики, фактичні викиди, а також проведено натурні обстеження структури та інтенсивності рухомого автотранспортного потоку на основних магістралях міста. На підставі отриманих даних був проведений зведений розрахунок 143 забруднюючих речовин, в тому числі тих, що входять до 28 груп сумачії, за кожною речовиною побудовано і проаналізовано карти розподілу рівня забруднення повітря на всій території міста. За характером просторового розподілу вдалося виділити дві окремі групи забруднюючих речовин: переважно тих, що містяться у викидах промислових підприємств, і надходять в атмосферне повітря головним чином з викидами від автотранспорту. На підставі зведених розрахунків забруднення повітряного басейну міста визначений розрахунковий комплексний індекс забруднення атмосфери.

Ключові слова: атмосферне повітря забруднюючі речовини, розрахунок розсіювання, карти розсіювання, стаціонарні джерела, пересувні джерела, житлова зона, промзона, групи забруднюючих речовин.

Suleimanov I., Mavrin G., Makarova I. The assessment of the city air pollution by automobile transportation and industrial enterprises basing on calculation methods

In the present research the author has gathered together and analyzed the data about the current stationary sources of pollution of the atmosphere, their qualitative and quantitative characteristics, factual emissions and has conducted the on-site investigations of structure and intensity of movable traffic flow on the main highways of Naberezhnye Chelny. On the basis of the received data and for the first time for Naberezhnye Chelny the summary calculation of 143 polluting substances, including those that compose 28 summation groups was made; for each substance the special maps of air polluting level distribution throughout the city were developed and analyzed. Basing on the character of such distribution it became possible to detach two distinctly different groups of polluting substances: mainly contained in the emissions of industrial enterprises and mainly thrown into the atmosphere by automobile transportation. According to the summary calculations of the city air pollution the estimated complex index of atmosphere pollution was determined.

Key words: Air Polluting substances Calculation of spreading Maps of spreading Stationary sources Mobile sources Residential area Industrial zone Groups of polluting substances

Сулейманов І.Ф. – інженер кафедри Хімії і Екології Набережночелнинського інститута Казанського (Приволжського) федерального університета, Набережні Челни, Росія, e-mail: Real7best@mail.ru.

Маврин Г.В. – к.т.н, доцент кафедри Хімії і Екології Набережночелнинського інститута Казанського (Приволжського) федерального університета, Набережні Челни, Росія.

Макарова І.В. – д.т.н, професор кафедри сервіса транспортних систем Набережночелнинського інститута Казанського (Приволжського) федерального університета, Набережні Челни, Росія.

Рецензент: Ахметзянова Г.Н., д.п.н., зав. кафедрою «Інформаційні технології» Набережночелнинського філіала Інститута Економіки, Управління і Права (г. Казань)

Стаття подана 7.08.2013

УДК 621.43

МОДЕЛЬ ВИБОРУ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК ПРИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЛОКОМОТИВІВ

Тартаковський Е.Д., Міхеєв С.О.,

MODEL SELECTION POWER PLANTS FOR MODERNIZATION OF LOCOMOTIVES

Tartakovskiy E.D., Miheev S.O.

Статтю присвячено оцінці технічного рівня сучасних локомотивних енергетичних установок і розробці моделі для вибору енергетичної установки при модернізації локомотивів з урахуванням регіону експлуатації, технічного рівня та сукупних витрат протягом всього життєвого циклу. У статті набула подальшого розвитку модель оцінки технічного рівня локомотивних енергетичних установок завдяки удосконаленню вибору техніко-економічних показників, що характеризують їх. У результаті проведених досліджень визначено найбільш придатні типи дизельних двигунів світових виробників для використання їх при модернізації локомотивів на залізницях України.

Ключові слова: тепловоз, дизель, потужність дизеля, технічний рівень, життєвий цикл.

Постановка проблеми. На залізницях України експлуатуються тепловози серій М62 та 2ТЕ10У, які вже виробили свій ресурс і вимагають заміни або модернізації. При цьому продовження застосування на них базових енергетичних установок типу 14Д40 та 10Д100 відповідно, сьогодні не є економічним щодо витрати палива, чи обслуговування та ремонту. До того ж зараз наведені дизелі не випускаються. Аналіз робіт [1-9] показав, що в багатьох випадках економічно доцільніше проводити модернізацію або ремоторизацію тягового рухомого складу замість закупівлі нового. Тому актуальним є вибір локомотивної енергетичної установки для конкретної модернізації локомотива.

Мета статті. Розробка моделі вибору енергетичних установок при модернізації існуючого тягового рухомого складу.

Матеріали і результати досліджень. У роботі [1] був зроблений аналіз існуючих дизелів закордонного виробництва. Він показав, що сьогодні для модернізації існуючого тягового рухомого складу на залізницях України найбільш підходять дизелі типу Д49 виробництва Коломенського дизелебудівного заводу, типу САТ виробництва Catterpillar, EMD GM виробництва Дженерел Моторс. Наступним кроком при виборі дизеля є розробка розрахункової моделі вибору енергетичної установки з урахуванням регіону експлуатації тепловоза, технічного рівня дизеля та витрат за весь життєвий цикл модернізованого тепловоза.

Для реалізації цього завдання була розроблена модель вибору енергетичних установок для модернізації локомотивів.

Локомотивні енергетичні установки різних виробників можна представити через масив D_i . Будь-яка i -та енергетична установка d_i характеризується масивом техніко-економічних показників $pd\{j\}$, які можна виразити через коефіцієнт технічного рівня дизеля $K_{D_{техур}_i}$. В свою чергу будь який i -ий модернізований тепловоз з i -им дизелем характеризується масивом техніко-економічних показників $pt\{t\}$, які можна виразити через коефіцієнт технічного рівня тепловоза $K_{T_{техур}_i}$. Витрати за життєвий цикл i -им тепловозом в даному регіоні експлуатації характеризується вартістю життєвого $C_{iЖЦ}$, який являє собою суму витрат на протязі його життєвого циклу.

Необхідно вибрати такі енергетичні установки d_i , для яких:

$$K_{техур_i} \rightarrow \max, C_{iЖЦ} \rightarrow \min. \quad (1)$$

Тобто цільова функція в неявному виді матиме такий вигляд:

$$K_{модер} = f(K_{техур_i}, C_{iЖЦ}) \rightarrow \max. \quad (2)$$

При цьому введені такі обмеження:

$$\begin{aligned} P_{вісь} &< 25 \text{ т/вісь}; \\ 800 \text{ кВт} &< N_e < 4000 \text{ кВт}; \\ \text{Габарит 1Т по ГОСТ}; \\ -40^\circ\text{C} &< T_{oc} < +40^\circ\text{C}; \\ C_{жц_мод} &< C_{жц_б}. \end{aligned}$$

де $P_{вісь}$ – осьове навантаження тепловоза;
 N_e – ефективна потужність дизеля;
 T_{oc} – температура оточуючого середовища;
 $C_{жц_мод}$, $C_{жц_б}$ – вартість життєвого циклу відповідно модернізованого та базового локомотива.

В явному виді цільову функцію можна представити через коефіцієнт модернізації, який матиме такий вид:

$$K_{модер}(i) = K_{техур}(i, j) \frac{C_{жц}^б}{C_{жц}^н} \Rightarrow \min. \quad (3)$$

В свою чергу коефіцієнт технічного рівня модернізованого тепловоза залежить від масиву техніко-економічних показників, які його характеризують, і визначається методом вагових коефіцієнтів за формулою:

$$K_{техур_i}(j) = \frac{\sum_{j=1}^{j=s} k_j \varphi(j)}{\sum_{j=1}^{j=s} \varphi(j)}, \quad (4)$$

де $\varphi(i)$ – функція, яка показує вагу параметрів тепловоза у ранжованій послідовності;

k_j – питомих параметр, що являє собою відношення числових параметрів модернізованого тепловоза $pl_j^м$ до параметрів існуючих тепловозів $pl_j^б$ для раціональних категорій і нераціональних категорій.

Тоді цільову функцію можна записати в такому виді

$$K_{модер}(i) = \frac{\sum_{j=1}^{j=s} k_j \varphi(j)}{\sum_{j=1}^{j=s} \varphi(j)} \frac{C_{жц}^б}{C_{жц}^н} \Rightarrow \min. \quad (5)$$

Висновки. Зроблені розрахунки з оцінки технічного рівня ЛЕУ дозволяють зробити такі висновки:

1. набула подальшого розвитку модель оцінки технічного рівня локомотивних енергетичних установок завдяки удосконаленню вибору техніко-економічних показників, що характеризують їх.

2. принциповим недоліком цього методу є те, що важливість окремих показників дизеля залежать від ступеня нестачі або надлишку цих якостей, тобто вона не може бути охарактеризована заздалегідь заданими коефіцієнтами ваги.

3. сьогодні для модернізації існуючого тягового рухомого складу на залізницях України найбільш підходять дизелі типу Д49 виробництва Коломенського дизелебудівного заводу, типу САТ виробництва Catterpillar, EMD GM виробництва Дженерел Моторс.

Література

1. Михеев С.А. Анализ основных характеристик тепловозных дизелей зарубежного производства. // Збірник наукових праць ДонІЗТ. –М.: Донецька: ДонІЗТ, 2011. –Вип.27. –С.82-88.
2. Обновление парка тепловозов //Железные дороги мира. 2003. –№7. –С.34-39
3. Обновление парка маневровых тепловозов. //Железные дороги мира. 2003. –№8. –С.35-37.
4. Модернизация тепловозов в Венгрии. //Железные дороги мира. 2004. –№12. –С.44-46.
5. Модернизация тепловоза серии V200.1 //Железные дороги мира. 2005. –№7. –С.27-30.
6. Использование старогодных локомотивов. //Железные дороги мира. 2005. –№10. –С.51-53.
7. Модернизация тепловозов. //Железные дороги мира. 2005. –№12. –С.53-57.
8. Ремоторизация магистральных тепловозов. //Железные дороги мира. 2006. –№5. –С.43-50.
9. Тепловоз М62 – история продолжается. //Железные дороги мира. 2008. –№12. –С.51-56.
- 10.
11. Тепловозные двигатели внутреннего сгорания: Учебник для вузов / А.Э. Симсон, А.З. Хомич, А.А. Куриц и др. -2-е изд., перераб. и доп. –М.: Транспорт, 1987. 536с.
12. Основы научных исследований / В.И. Крутов, И.М. Грушко, В.В. Попов и др.; Под ред. В. И. Крутова. –М.: Высш.шк., 1989. -400 с.

References

1. Miheev S.A. Analiz osnovnykh harakteristik teplovoznnykh dizelej zarubezhnogo proizvodstva. // Zbirnik naukovykh prac' DonIzT. –M.: Donec'ka: DonIzT, 2011. – Vip.27. –S.82-88.
2. Obnovlenie parka teplovoznov /Zheleznye dorogi mira. 2003. –№7. –S.34-39
3. Obnovlenie parka manevrovnykh teplovoznov. /Zheleznye dorogi mira. 2003. –№8. –S.35-37.
4. Modernizacija teplovoznov v Vengrii. /Zheleznye dorogi mira. 2004. –№12. –S.44-46.
5. Modernizacija teplovoza serii V200.1 /Zheleznye dorogi mira. 2005. –№7. –S.27-30.
6. Ispol'zovanie starogodnykh lokomotivov. /Zheleznye dorogi mira. 2005. –№10. –S.51-53.
7. Modernizacija teplovoznov. /Zheleznye dorogi mira. 2005. –№12. –S.53-57.
8. Remotorizacija magistral'nykh teplovoznov. /Zheleznye dorogi mira. 2006. –№5. –S.43-50.
9. Teplovoz M62 – istorija prodolzhaetsja. /Zheleznye dorogi mira. 2008. –№12. –S.51-56.
- 10.
11. Teplovoznnye dvigateli vnutrennego sgoranija: Uchebnik dlja vuzov / A.Je. Simson, A.Z. Homich, A.A. Kuric i dr. -2-e izd., pererab. i dop. –M.: Transport, 1987. 536s.
12. Osnovy nauchnykh issledovanij / V.I. Krutov, I.M. Grushko, V.V. Popov i dr.; Pod red. V. I. Krutova. –M.: Vyssh.shk., 1989. -400 s.

Тартаковский Е.Д., Михеев С.А. Модель выбора энергетических установок при модернизации локомотивов

Статья посвящена оценке технического уровня современных локомотивных энергетических установок и разработке модели для выбора энергетической установки при модернизации локомотивов с учетом региона эксплуатации, технического уровня и совокупных расходов в течение всего жизненного цикла. В ней получила дальнейшее развитие модель оценки технического уровня локомотивных энергетических установок за счет усовершенствования выбора технико-экономических показателей,

характеризующих их. В результате проведенных исследований определены наиболее подходящие типы дизельных двигателей мировых производителей для использования при модернизации локомотивов на железных дорогах Украины.

Ключевые слова: тепловоз, дизель, мощность дизеля, технический уровень, жизненный цикл.

Tartakovskiy E.D., Miheev S.O. Model selection power plants for modernization of locomotives

Abstract. Article evaluates the technical level of modern locomotive power plants and the development of models to choose power plant for modernization of locomotives, taking into account the region of operation, technical level and the total cost over the life cycle. The article has been further developed model for evaluating the technical level of locomotive power plants by improving the selection of technical and economic parameters that characterize them. The analysis of work to determine the effectiveness of different series locomotives modernization and upgrade options compared to including the procurement of new rolling stock traction leading manufacturers. Identified limitations on the use of the model selected. As a result, the research identified the most suitable types of diesel engine manufacturers for use in the modernization of locomotives on the railways of Ukraine.

Key words: diesel, petrol, diesel power, technical level, the life cycle.

Тартаковский Едуард Давидович – д.т.н., профессор, завідувач кафедри «Експлуатація та ремонт рухомого складу» Української державної академії залізничного транспорту

Міхеев Сергій Олександрович – аспірант кафедри «Експлуатація та ремонту рухомого складу» Української державної академії залізничного транспорту.

Рецензент: Фалендиш А.П., д.т.н., професор

Стаття подана 22.07.2013

УДК 656.212.2.073.22

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗМЕЩЕНИЯ ГРУЗОВ НА ВАГОНЕ**Туранов Х.Т., Псеровская Е.Д.****SOME PROBLEMS OF PLACEMENT GOODS ON WAGON****Turanov H.T., Pserovskaya E.D.**

В статье приводятся влияния одновременного смещения общего центра масс грузов как вдоль, так и поперёк вагона, на нагруженность или же обезгруженность комплектов пружин тележек грузового вагона, что равносильно нагруженности буксовых узлов или же шеек оси колёсных пар.

Ключевые слова: размещение грузов на вагоне, комплекты пружин тележек, буксовый узел, нагрузка на шейки оси колёсной пары, безопасность движения, сохранность деталей подвижного состава.

Рассматриваемая проблема, её актуальность и связь с научными и практическими задачами. Проанализируем методику расчёта размещения и крепления грузов на открытом подвижном составе (в дальнейшем на вагоне) согласно ТУ [1, 2]. В Приложение 14 к СМГС [2] отмечено, что размещение и крепление грузов, не предусмотренных настоящими Правилами, должно выполняться в соответствии с действующими на железной дороге отправления Местными техническими условиями (далее – МТУ) или схемами размещения и крепления грузов (далее – НТУ), разработанными в соответствии с требованиями настоящих Правил (см. п. 1 Гл. I Приложение 14 к СМГС, – С. 4). Однако оговоримся, что эти понятия не имеют научного обоснования, потому и являются надуманными. Это обосновывается тем, что в ТУ вычисленные значения усилия в элементах крепления груза должны быть меньше, чем допускаемых растягивающих, которые находят по табл. 30 Приложение 14 к СМГС. При этом допустимые значения усилия в упругих элементах крепления $[R_i]$ в ТУ и МТУ в 1,6 раза больше, чем в НТУ. Здесь особо подчеркнём, что для крепления груза в принципе не должно быть никаких отличий между такими понятиями, как Технические условия (ТУ) и Местные технические условия (МТУ) и непредусмотренные технические условия (НТУ) (см. Гл.1, пп. 1.2 [2]), – они являются

«надуманными» понятиями. Поэтому такие понятия, как НТУ, ТУ и МТУ, должны быть исключены из нормативно-правовых документов и оставлено лишь одно понятие ТУ. В [2] также отмечено, что допускаемая величина смещения $\Delta T_{гр}^o$ в продольном направлении $l_{см}$ (относительно поперечной плоскости симметрии) при погрузке груза и при проверках в пути следования определяются в соответствии с табл. 9 в зависимости от общей массы груза на вагоне. Аналогично этому допускаемая величина смещения $\Delta T_{гр}^o$ в поперечном направлении $b_{см}$ (относительно продольной плоскости симметрии) при погрузке груза и при проверках в пути следования определяются в соответствии с табл. 10 в зависимости от общей массы груза на вагоне и высоты общего центра тяжести вагона с грузом над УГР (см. п. 4 Приложение 14 к СМГС. – С. 15-16 [2]).

Анализ последних исследований и публикаций по проблеме. В официальном документе [1, 2] заранее, до того как подвижной состав находится в пути следования, разрешаются сдвиги грузов как вдоль, так и поперёк вагона. Причём величина этих сдвигов достигает от 60 до 300 мм вдоль вагона и от 60 до 170 мм – поперёк вагона. Такие сдвиги груза в принципе недопустимы, поскольку в этом случае произойдут выворачивания упорных средств крепления и провисания элементов крепления противоположного направления, а элементы крепления одного направления будут разрушены. Здесь особо отметим, что такие меры создают потенциально опасную ситуацию, угрожающую безопасности движения и сохранности деталей подвижного состава, а также к перегрузу буксовых узлов (приводящих к их перегреву), надрессорных балок и боковых рам тележек вагона (например, передних по ходу движения тележек вагона). Имеется ряд работ [3 – 7], посвящённых этой проблеме, из которых вытекает актуальность рассматриваемой проблемы.

Цель и задачи статьи как научного исследования. Аналитическое обоснование негативных последствий размещения общего центра масс грузов как вдоль, так и поперёк вагона с установлением влияния одновременного смещения центра масс груза как вдоль, так и поперёк вагона относительно оси симметрии вагона на величину этих нагрузок от кузова на шейки оси одной колёсной пары (в виде $F_1 = F_{D0}$ и $F_2 = F_{B0}$) при воздействии пространственной системы сил.

Материалы и результаты исследования. Общеизвестно [8, 9], что согласно уравнению равновесия пространственной системы сил, параллельных оси z , геометрической статики, в частном случае, равнодействующая R (как нагрузка от кузова на шейки оси колёсной пары) двух параллельных сил F_{D0} и F_{B0} , направленных в одну сторону, равна по модулю сумме модулей данных сил и направлена в ту же сторону. При этом линия действия равнодействующей R , проходящей через центр O , делит внутренним образом расстояние между линиями действия данных сил D_0B_0 на части, обратно пропорциональные этим силам, например, в виде: $F_{D0}/F_{B0} = OB_0/OD_0$ [8]. В соответствии с этим, имея в виду, что G_{0z} – сила тяжести груза и I_{ez0} – вертикальная переносная сила инерции, возникающая от волны неровности пути, имеем:

$$F_z = F_{B0} + F_{D0}; \quad \frac{F_{D0}}{F_{B0}} = F_z \frac{OB_0 + y_{C0}}{OD_0 - y_{C0}}.$$

Произведя элементарные математические выкладки над последними выражениями, получим силы F_{D0} и F_{B0} , приложенные на шейки оси колёсной пары:

$$F_{D0} = F_z \frac{OB_0 + y_{C0}}{D_0B_0}; \quad F_{B0} = F_z - F_{D0}, \quad (1)$$

где F_z – проекция всех сил на ось Oz : $F_z = G_{0z} - I_{ez0}$ с учётом того, что $G_{0z} = G_0 \cos(\theta - \eta + \zeta)$; D_0B_0 – расстояние между точками приложения сил к шейкам оси, т. е. расстояние между серединами шеек колёсной пары (обычно у грузового полувагона 2 036 мм), причём $D_0B_0 = D_0O + OB_0$; OB_0 – половина расстояния между осями шейки колёсной пары (1 018 мм).

Особо подчеркнём, что полученное значение сил F_{D0} представляют собой сумму сил, приложенных к шейкам оси всех четырёх колёсных пар, опирающихся на упорную нить совместно с гребнями наружных колёс, а F_{B0} – опирающихся на внутреннюю рельсовую нить поверхностями катания.

В дальнейшем для определения наиболее ненагруженного (обезгруженного) колеса тележек необходимо иметь долю веса вагона с грузом на каждую шейку оси колёсных пар. В связи с этим рассмотрим несимметричное размещение твёрдотельного(ых) груза(ов) относительно

продольной и поперечной осей симметрии вагона, например, в сторону опор B и D , на величины xM и yM (рис. 1) [3, 5].

На рис. 1 обозначено: точка O – начало координат, совпадающая с центром пересечения осей симметрии вагона, т. е. с центром пола вагона; Ox , Oy и Oz – координатные оси; G^0 – общий вес груза (для штучных грузов – G); $G_c = Q_c$ – сила тяжести механической системы «груз – рама вагона – наддресорная балка»; \bar{a}_{ez} – вертикальное переносное ускорение любой точки системы «груз – рама вагона – наддресорная балка»; I_{ex} , I_{ey} и I_{ez} – продольная, поперечная и вертикальная переносные силы инерции [3 – 7]; I_{Cx} – сила инерции Кориолиса, появляющаяся при сдвиге груза вдоль вагона [6]; h^0 – высота общего центра масс грузов над полом вагона; h_c – высота общего центра масс системы над полом вагона: $h_c = G^0 h^0 / G_c$; $F_{F_{B,y}}$ – сила аэродинамического сопротивления, приложенная к геометрическому центру боковых поверхностей вагона и груза, находящегося от поперечной оси симметрии вагона на расстоянии $x_{F_{B,y}}$ и от пола вагона на высоте $h_{F_{B,y}}$ (причём $h_{F_{B,y}} = H_{F_{B,y}} - h_b$, где $H_{F_{B,y}}$ – расстояние от геометрического центра боковых поверхностей вагона и груза над УГР, h_b – высота пола вагона над УГР (обычно у грузовых полувагонов 1414 – 1415 мм, у платформы 1310 мм)); $F_{ac,y}$ – сила, возникающая от воздействия на вагон с грузом автосцепных устройств смежных вагонов; R_A , R_B и R_C , R_D – реакции комплектов пружин тележек; $2l_{нб}$ – расстояния между осями симметрии комплектов пружин тележек, размещённых в проёмах правой и левой боковых рам, что соответствует расстоянию между серединными плоскостями буксового узла (мм) (2 038 мм); $2l_b$ – база вагона (мм) (9 720 мм); xM и yM – смещения центра масс груза ЦМ⁰ относительно поперечной и продольной оси симметрии вагона, рекомендуемые значения которых принимают согласно табл. 9 и 10 Приложения 14 к СМГС [2]; ξ_p и ζ_p – углы наклона рамы вагона вдоль и поперёк вагона; M_{ex} и M_{ey} – моменты от приведения сил I_{ex} и I_{ey} к центру масс системы: $M_{ex} = I_{ex} h_{ex}$ и $M_{ey} = I_{ey} h_{ey}$, где h_{ex} и h_{ey} – плечо приложения сил I_{ex} и I_{ey} от центра масс системы, причём $h_{ex} = h_{ey} = h^0 - h_c$.

Расположение общего центра масс груза ЦМ⁰ относительно поперечной xM и продольной yM оси симметрии вагона (м) принимают в зависимости от веса груза и высоты общего центра масс вагона с грузом над уровнем головок рельсов (УГР) по табл. 9 и 10 Приложения 14 к СМГС [2]. Так, для веса груза $G = 560$ кН (56 тс) и высоты общего центра масс вагона с грузом над УГР 2,0 м $xM = 1\,200$ и $yM = 165$ мм.

Далее, как и ранее, воспользовались теоремой о равнодействующей плоской системы сил (теорема Вариньона) и понятием центра масс механической системы «груз – рама вагона – наддресорная балка» [3, 8, 9], поскольку устойчивость вагона определяется положением центра масс системы ЦМ_c , а не груза ЦМ^0 .

Несимметричное размещение груза относительно продольной оси симметрии вагона

на величину yM в сторону как наружной ($+yM$), так и внутренней ($-yM$) рельсовой нити задают в зависимости от веса груза (G) и высоты общего центра масс вагона с грузом ($H_{гр}^0$) над УГР (табл. 10 Приложения 14 к СМГС [2]).

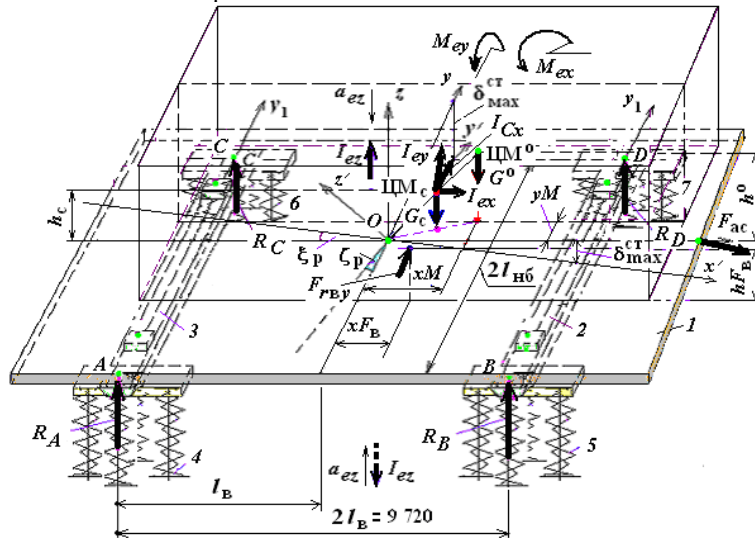


Рис. 1. Динамическая модель нагруженности комплектов пружин тележки
1 – рама вагона, 2 и 3 – наддресорные балки, 4 – 7 – комплекты пружин

В математической модели смещение центра масс системы $\text{ЦМ}_{гр}^c$ в сторону наружной или внутренней рельсовой нити будет учтено лишь знаками смещения общего центра масс вагона с грузом как механических систем yM и угла ζ . При смещении центра масс материальной системы (груза) ЦМ^0 поперёк вагона на величину $+yM$ происходит наклон рамы вагона с грузом в сторону смещения груза. В данном случае на подпятник наддресорной балки через пятник рамы вагона на расстоянии y_c от его вертикальной оси будут передаваться силы давления со стороны рамы вагона с грузом. При этом происходит перегрузка комплектов пружин опоры D (скользуны замкнуты) и разгрузка таких же пружин опоры B передней тележки (рис. 2, а) [3, 5].

На рис. 2 обозначено: Q_B и Q_D – силы давления хвостовых частей наддресорной балки на комплекты пружин тележек, которые согласно закону механики равны и противоположны реакциям комплектов пружин тележек R_B и R_D ; $F_{асу}$ – проекция силы, возникающая от воздействия на вагон с грузом автосцепных устройств смежных вагонов, на поперечную ось. Остальные обозначения те же, что и на рис. 1.

При смещении центра масс $\text{ЦМ}_{гр}^c$ механической системы «груз – рама вагона» на $-yM$ рама вагона и наддресорные балки передней и задней тележек будут наклонены в сторону внутренней рельсовой нити на угол $-\zeta$. Происходит перегрузка комплектов пружин B (скользуны замкнуты) и разгрузка пружин D передней тележки (см. рис. 2, б), а вагон с грузом (рама вагона и наддресорные балки) в составе поезда будет находиться в наклонном положении, что может привести к возникновению вероятности вкатывания ненагруженной колёсной пары тележек (D) на упорную нить.

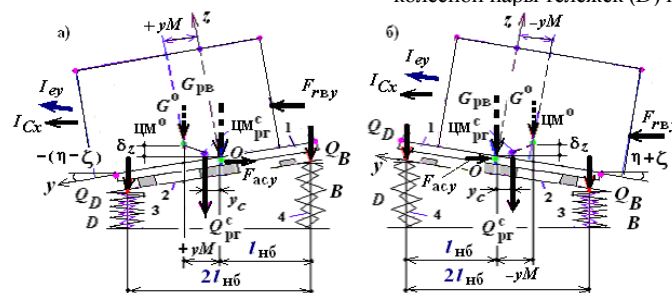


Рис. 2. Схема приложения сил на вагон при размещении груза со смещением центра масс поперёк вагона

Отметим, что в математической модели движения подвижного состава по кривому участку пути на спуск

смещение центра масс вагона с грузом $\text{ЦМ}_{\text{рг}}^c$ в

Составляя условия равновесия пространственной системы сил, аналогично [3, 7], и пренебрегая проекцией силы I_{ey} на вертикаль и величиной силы I_{cx} ввиду их малости, получают следующую систему линейных алгебраических уравнений для отыскания неизвестных реакции комплектов пружин тележек:

$$\begin{aligned} R_A + R_B + R_C + R_D &= Q_c; \\ -lR_A - lR_B + lR_C + lR_D &= Q_c y_c + I_{ey} h_c - M_{ey}; \\ l_b R_A - l_b R_B + l_b R_C - l_b R_D &= -Q_c x_c - I_{ex} h_c + M_{ex}; \\ R_A - R_B - R_C + R_D &= 0, \end{aligned}$$

где l_b – половина базы вагона (мм) (4 860 мм); $l = l_{\text{нб}}$ – половина расстояния между осями симметрии комплектов пружин тележек, размещённых в проёмах правой и левой боковых рам (мм) (1 019 мм).

Решая аналитически (символически) полученную систему с использованием определителя матрицы вычислительной среды MathCAD [3, 7], находят реакции комплектов пружин A, B, C и D :

$$\begin{aligned} R_A &= \frac{Q_c}{4} \left(1 - \frac{y_c}{l} - \frac{x_c}{l_b} \right) - \frac{I_{ey} h_c - M_{ey}}{4l} - \frac{I_{ex} h_c - M_{ex}}{4l_b}; \\ R_B &= \frac{Q_c}{4} \left(1 + \frac{x_c}{l_b} - \frac{y_c}{l} \right) - \frac{I_{ey} h_c - M_{ey}}{4l} + \frac{I_{ex} h_c - M_{ex}}{4l_b}; \\ R_C &= \frac{Q_c}{4} \left(1 - \frac{x_c}{l_b} + \frac{y_c}{l} \right) + \frac{I_{ey} h_c - M_{ey}}{4l} - \frac{I_{ex} h_c - M_{ex}}{4l_b}; \\ R_D &= \frac{Q_c}{4} \left(1 + \frac{x_c}{l_b} + \frac{y_c}{l} \right) + \frac{I_{ey} h_c - M_{ey}}{4l} + \frac{I_{ex} h_c - M_{ex}}{4l_b}. \end{aligned} \quad (2)$$

Анализ полученных конечных аналитических формул показывает, что при одновременном смещении центра масс груза как вдоль, так и поперёк вагона на величины $+xM$ и $+yM$ (I квадрант координатной оси $Oxyz$) и движении подвижного состава по направлению оси Ox (см. рис. 1), наиболее перегруженными окажутся комплекты пружин D передней тележки (скользуну замкнуть), что повышает вероятность опускания передней колёсной пары данной тележки на наружную рельсовую нить. При этом будет соблюдено условие $R_D > R_B > R_C > R_A$. Это может привести к перегрузке буксовых узлов (приводящих к их перегреву, которые могут привести к «горячему» излому шейки оси), надрессорных балок и боковых рам тележек вагона, а также к «холодному» излому оси колёсных пар.

При этом, как показали результаты исследований [3], при несимметричном расположении груза в вагоне допустимые значения коэффициентов вертикальной динамической добавки вагона, соответствующие допустимому значению продольного смещения общего центра масс груза в четырёхосном вагоне, для веса груза от 100 до 500 кН не удовлетворяют условию, при котором $0,3 < k_{\text{д.д.}} < 0,6$, а свыше 500 кН находятся в пределах допустимых.

Исходя из этого, можно отметить, что приведённые в табл. 9 Приложения 14 к СМГС [2] значения смещений общего центра тяжести грузов при погрузке и проверке в пути следования не удовлетворяют условию, при котором $0,3 < k_{\text{д.д.}} < 0,6$, что создаёт угрозу безопасности

сторону передней (или задней) тележки будет учтено лишь знаками $\pm xM$ и угла $\pm \zeta$, а в сторону наружной (или внутренней) рельсовой нити $\pm yM$ и угла $\pm \zeta$.

движения, не обеспечивает сохранность перевозимого груза и способствует повреждению деталей и узлов подвижного состава, создавая потенциально опасную ситуацию. Возможно, именно по этой причине происходят перегрев подшипников в буксовых узлах, разрушение надрессорной балки и боковых рам (рис. 3) наиболее нагруженной передней тележки.

И, наоборот, при одновременном смещении центра масс груза как вдоль, так и поперёк вагона на величины $-xM$ и $-yM$ (III квадрант координатной оси $Oxyz$) и движении подвижного состава по направлению оси Ox (см. рис. 1), наиболее обезгруженными окажутся комплекты пружин D передней тележки (т. е. $R_A < R_C < R_B < R_D$), что повышает вероятность вкатывания обезгруженного колеса данной тележки на наружную рельсовую нить. При этом, согласно [10], данное колесо может быть принято за наименее нагруженное пространственными силами колесо, при которых оно имеет наилучшую устойчивость на рельсе.

В этих случаях буксовый узел передней колёсной пары передней тележки будет испытывать долю реакции R_D и R_B (см. (1) комплектов пружин D и B от воздействия на вагон с грузом пространственной системы сил. Например, в виде $F_1 = F_{D0} = k_{11} R_D$ и $F_2 = F_{B0} = k_{12} R_B$ (причём в инженерных расчётах при симметричном размещении центра масс груза относительно оси симметрии вагона на прямом участке пути можно принять $k_{11} = k_{12} = 0,25$, а при несимметричном – k_{11} и $k_{12} < 0,25$ [11]). Аналогичное сопоставление справедливо для разгруженных и/или перегруженных комплектов пружин A и C задней тележки вагона при движении подвижного состава противоположно направлению оси Ox .

Подводя итоги обсуждения полученных исследований, можно заключить, что с целью обеспечения сохранности перевозимых грузов и деталей подвижного состава (например, буксовых узлов (приводящих к их перегреву, которые могут привести к «горячему» излому шейки оси), надрессорных балок и боковых рам тележек вагона, а также к «холодному» излому оси колёсных пар) от перегрузок общий центр масс грузов в разработанных грузоотправителями схемах размещения и крепления грузов на открытом подвижном составе должны совпадать с продольными и поперечными осями симметрии вагона даже в ущерб использования полезной площади и грузоподъёмности вагона.

Выводы, перспективы развития вопроса. Для обеспечения безопасности движения, сохранности перевозимых грузов и деталей подвижного состава (например, буксовых узлов, надрессорных балок и боковых рам тележек вагона, оси колёсных пар) от перегрузок общий центр масс грузов в разработанных грузоотправителями схемах размещения и крепления грузов на открытом подвижном составе строго должны совпадать с продольными и поперечными осями симметрии вагона. В перспективе необходимо исследовать влияние смещения общего центра масс грузов, размещённых на вагоне, на прочность средств крепления груза.

Литература

1. Технические условия размещения и крепления грузов в вагонах и контейнерах. – М.: Юртранс, 2003. – 544 с.

2. Приложение 14 к СМГС «Правила размещения и крепления грузов в вагонах и контейнерах». – М.: Планета, 2008. – 191 с.

3. Туранов, Х.Т. Теоретическая механика в задачах грузовых перевозок: монография / Х.Т. Туранов. Новосибирск: Наука, 2009. – 376 с.

4. Тимухина, Е.Н. Математическое моделирование нагруженности колесной пары вагона с несимметрично размещенным грузом при воздействии пространственной системы сил / А.Р. Якупов // Транспорт: Наука, техника и управление, 2011, №7. – С. 15–19.

5. ТУРАНОВ, Х.Т. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОТКРЫТОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА И ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ГРУЗА: УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ ВУЗОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА / Х.Т. ТУРАНОВ. – М.: ФГОУ «УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ПО ОБРАЗОВАНИЮ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ», 2011. – 374 с.

6. Туранов, Х. Т. Математическое моделирование сдвига груза при движении подвижного состава по кривому участку пути с учётом воздействия пространственной системы сил, включая силы инерции Кориолиса / Х.Т. Туранов, Е.Н. Тимухина // Транспорт: Наука, техника и управление. – 2011. – № 3. – С. 28–32.

7. Туранов, Хабибулла. Теория крепления твёрдотельного груза на открытом подвижном составе: монография / Хабибулла Туранов. – Saarbrücken, Germany: LAP LAMBERT Palmarium Academic Publishing, 2012. – 259 с.

8. БУХГОЛЬЦ, Н.Н. ОСНОВНОЙ КУРС ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ / Н.Н. БУХГОЛЬЦ. М.: НАУКА, 1967. Ч. I. – 460 с.

9. Лойцянский, Л. Г. Курс теоретической механики. Т. II. Динамика / Л.Г. Лойцянский, А.И.Лурье. М.: Наука, 1983. – 640 с.

10. АНИСИМОВ, П.С. ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ КОЛЕСА НА РЕЛЬСЕ ПРИ ПОПЕРЕЧНОМ СМЕЩЕНИИ ЦЕНТРА МАССЫ ТЯЖЕЛОВЕСНОГО ГРУЗА / П.С. АНИСИМОВ // ТЕЗ. ДОКЛ. 3-Й НАУЧН.-ПРАКТ. КОНФ. «РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ». М.: МИИТ, 2001. – С. IV-5.

11. Туранов, Х.Т. Математическое моделирование рамных сил при движении подвижного состава с несимметрично размещённым грузом / Х.Т. Туранов, А.Р. Якупов // Транспорт Урала, 2011, № 2. – С. 47–51.

References

1. Tehnicheskie uslovija razmeshhenija i krepjenja gruzov v vagonah i kontejnerah. – М.: Jurtrans, 2003. – 544 с.

2. Prilozhenie 14 k SMGS «Pravila razmeshhenija i krepjenja gruzov v vagonah i kontejnerah». - М.: Planeta, 2008. - 191 s.

3. Turanov, H.T. Teoreticheskaja mehanika v zadachah gruzovyh perevozok: monografija / H.T. Turanov. Novosibirsk: Nauka, 2009. - 376 s.

4. Timuhina, E.N. Matematicheskoe modelirovanie nagruzhennosti kolesnoj pary vagona s nesimmetrichno razmeshhennym gruzom pri vozdeystvii prostranstvennoj sistemy sil / A.R. Jakupov // Transport: nauka, tehnika i upravlenie, 2011, №7. – С. 15–19.

5. Turanov, H.T. Vzaimodejstvie otkrytogo podvizhnogo sostava i tvjordotel'nogo gruz: Uchebnoe posobie dlja vuzov zheleznodorozhnogo transporta / H.T. Turanov. – М: FGOU «Uchebno-metodicheskij centr po obrazovaniju na zheleznodorozhnom transporte», 2011. – 374 s.

6. Turanov, H. T. Matematicheskoe modelirovanie sdviga gruzu pri dvizhenii podvizhnogo sostava po krivomu uchastku puti s uchjotom vozdeystvija prostranstvennoj sistemy sil, vkluchaja sily inercii Koriolisa / H.T. Turanov, E.N. Timuhina // Transport: Nauka, tehnika i upravlenie. – 2011. – № 3. - S. 28–32.

7. Turanov, Habibulla. Teorija krepjenja tvjordotel'nogo gruzu na otkrytom podvizhnom sostave: monografija / Habibulla Turanov. – Saarbrücken, Germany: LAP LAMBERT Palmarium Academic Publishing, 2012. – 259 s.

8. Buhgol'c, N.N. Osnovnoj kurs teoreticheskoj mehaniki / N.N. Buhgol'c. М.: Nauka, 1967. Ch. I. - 460 s.

9. Lojcsjanskij, L. G. Kurs teoreticheskij mehaniki. T. II. Dinamika / L.G. Lojcsjanskij, A.I.Lur'e. М.: Nauka, 1983. – 640 s.

10. Anisimov, P.S. Ocenka ustojchivosti kolesa na rel'se pri poperechnom smeshhenii centra massy tjazhelovesnogo gruzu / P.S. Anisimov // Tez. dokl. 3-j nauchn.-prakt. konf. «Resursosberegajushhie tehnologii na zheleznodorozhnom transporte». М.: МИИТ, 2001. – С. IV-5.

11. Turanov, H.T. Matematicheskoe modelirovanie ramnyh sil pri dvizhenii podvizhnogo sostava s nesimmetrichno razmeshhjonnym gruzom / H.T. Turanov, A.R. Jakupov // Transport Urala, 2011, № 2. - S. 47–51.

Туранов Х.Т., Псеровська Е.Д. Деякі проблеми розташування вантажів на вагоні

У статті наводяться впливи одночасного зміщення загального центра мас вантажів як уздовж, так і поперек вагона, на навантаженість або ж зневантаженість комплектів пружин візків вантажного вагона, що рівносильно навантаженості буксових вузлів або ж шийок осі колісних пар.

Ключові слова: розміщення вантажів на вагоні, комплекти пружин візків, буксовий вузол, навантаження на шийки осі колісної пари, безпека руху, збереження деталей рухомого складу.

Turanov H.T., Pserovskaya E.D. SOME PROBLEMS OF PLACEMENT GOODS ON WAGON

The article cites the influence of simultaneous movement of the common center of mass cargoes, both along and across the wagon, on the loading or unloading spring sets of bogies for freight cars, which is equivalent to loading axle assemblies or necks axis of wheel pairs.

Keywords: distribution of goods in the car, spring sets trucks, the load on the axle of a wheel pair, traffic safety, safety of the components of rolling stock.

Туранов Х.Т. - доктор технических наук, профессор, почётный железнодорожник; место работы – 620034. г. Екатеринбург. ул. Колмогорова, 66. УрГУПС; e-mail: khturanov@yandex.ru; turanov@inbox.ru; тел. моб. +7 963 035 31 89.

Псеровская Е.Д. - кандидат технических наук, доцент; место работы – 630049. г. Новосибирск. ул. Дуси Ковальчук, 191. СГУПС; e-mail: eldp-55@yandex.ru; pserovskaya@stu.ru; тел. моб. + 7 923 226 77 86.

Статья подана 22.07.2013

УДК 629.424.1

ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ЦЕНТРАЛІЗОВАНИХ СИСТЕМ ЗМАЩЕННЯ НА МАНЕВРОВИХ ТЕПЛОВОЗАХ ПРОМИСЛОВОГО ТРАНСПОРТУ

Фалендиш А.П., Сумцов А.Л., Трубіхін О.В., Білецький Ю.В.

PERSPECTIVES OF CENTRALIZED LUBRICANT SHUNTING DIESEL LOCOMOTIVES OF INDUSTRIAL TRANSPORT

Falendysh A.P., Sumtsov A.L., Trubihin O.V., Biletskiy Y.V.

У статті розглянуто необхідність та перспективи запровадження автоматичних централізованих систем змащення на маневрових тепловозах, що працюють на підприємствах промислового транспорту. Проведено оцінку можливої конструкції таких систем з урахуванням особливостей конструкції окремих серій тепловозів і розроблено рекомендації щодо застосування таких систем на тепловозах промислового транспорту. Наведено результати попередньої оцінки економічного ефекту та терміну окупності комплексу автоматичних систем змащення для тепловозів ЧМЕЗ та ТЕМ2.

Ключові слова: системи змащення, модернізація, маневрові тепловози, ЧМЕЗ, ТЕМ2.

Вступ. Розвиток промисловості багато в чому залежить від транспортної інфраструктури, її ефективності і гнучкості при задоволенні потреб у перевезеннях. Особливо це стосується промислового залізничного транспорту. Для цього необхідно постійне оновлення рухомого складу, підвищення ефективності його застосування. Оновлення парку можливо проводити шляхом закупівлі нових зразків або модернізації. Перший варіант є найбільш вигідним з точки зору використання всіх переваг сучасних досягнень техніки, однак потребує значних

капіталовкладень. Модернізація надає можливість за значно менші кошти утримувати локомотив, що повністю відповідає сучасним вимогам.

Постановка проблеми. Умови роботи партертя ходових частин локомотивів на промисловому транспорті та кар'єрах є більш важкими, ніж на магістральних залізницях, через що необхідне вдосконалення конструкції для збільшення їх ресурсу.

Мета статті. Вивчення можливості застосування сучасних досягнень у галузі автоматичних систем змащення для маневрових тепловозів промислового транспорту.

Виклад основного матеріалу. Автоматичні централізовані системи змащення (АЦСЗ) використовуються в різноманітних системах, де є потреба у зменшенні тертя, від верстатів до різних видів транспорту. В транспортній сфері найбільше поширення ці системи знайшли на важкій кар'єрній техніці (екскаватори, самоскиди, бульдозери і т.п.), де виявилася висока ефективність застосування цих систем завдяки зменшенню трудомісткості технічного обслуговування і поточного контролю та деякого збільшення ресурсу вузлів, в яких підтримується оптимальний режим роботи поверхонь тертя.

Перспективним напрямом використання АЦСЗ може бути їх встановлення на рейковий рухомий склад, зокрема на локомотиви. З огляду

на досвід експлуатації АЦСЗ на автомобільному транспорті та підйомо-транспортній техніці можливо припустити, що застосування АЦСЗ на тяговому рухомому складі дозволить підвищити ресурс вузлів з підшипниками ковзання та кочення, зменшити час та трудомісткість проведення технічного обслуговування шляхом виключення операцій, пов'язаних з ручним змащенням.

Ручне змащування неминує має дискретний характер з об'єктивних причин. Навіть незважаючи на перевитрату дорогого матеріалу (оскільки набивка зазвичай проводиться в максимально допустимій кількості), не вдається

уникнути виникнення тимчасових періодів з обмеженим вмістом мастила в підшипниках. Це явище ілюструє рис. 1.

На недостатню кількість мастильних матеріалів підшипники кочення реагують підвищеним зносом бігової доріжки; а підшипники ковзання – підвищеним зносом та завальцюванням внутрішніх каналів. Ці явища повністю усуваються при використанні централізованої системи змащення. Строго дозовані дрібні порції, що подаються через оптимізовані інтервали, створюють повний ефект безперервного змащення вузла. Цей стан добре ілюструє рис. 2.

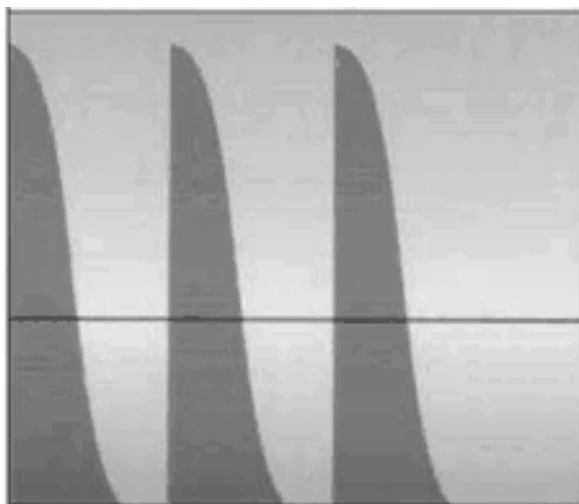


Рис. 1. Графік кількості змащення в підшипнику ковзання при ручному додаванні мастила

Добре відомо, що від часу, від теплових впливів мастило усередині підшипника твердне і відкладається у його внутрішні порожнини. Як би регулярно не проводилося змащення, для збереження підшипника його необхідно очищати і промивати. Розбирання або демонтаж вузла, особливо розташованого у важкодоступному місці, - дуже трудомістка і дорога операція. Але при застосуванні централізованої системи змащення ця проблема зникає, що вносить додатковий аргумент на користь цієї установки. Відбувається це тому, що насос, створюючи тиск мастила в системі до 35 МПа і постійно подаючи «кванти» мастила, весь час видавлює загусле мастило з підшипника, тим самим постійно оновлюючи весь його обсяг у вузлі. При цьому малість самих порцій і можливість подачі їх

безпосередньо під час роботи механізму виключає ефект появи масляної «шуби» навколо вузла.

Цей ефект підтверджується багаторічною практикою застосування централізованих систем змащення в різних механізмах, включаючи ті, що працюють у найбільш несприятливих умовах: у шахтах, кар'єрах, в пустелях [1].

В першій половині ХХ століття для поліпшення змащування третьових частин, полегшення праці паровозних бригад і економії мастильних матеріалів на паровозах використовували централізоване змащення букс. Замість індивідуального ручного змащення кожної букси на паровозі встановлювали прес-маслянку, що приводилася в рух від паророзподільного механізму, від якої проходилися трубки до букс [2].

У централізованих систем змащення паровозів використовували також так звані маслорозподільники, які автоматично розділяють маслопровод одного відростка прес-маслянки на два або чотири маслопроводи. Таким чином, збільшується кількість точок змазування від однієї прес-маслянки. Такий спосіб змащення букс був застосований на паровозах Л, ЛВ, Еа, Е^{ТМ}, ЕМВ, Ер (остання партія), ПЗ6 і на партії паровозів ФД. При цьому на паровозах ЛВ, Ер ЕМВ та ФД централізоване змащення влаштоване з маслорозподільниками. На паровозі ПЗ6, що мав роликові букси з самостійним змащенням, централізовано проводилося змащення буксових лиць та накладок рами [3].

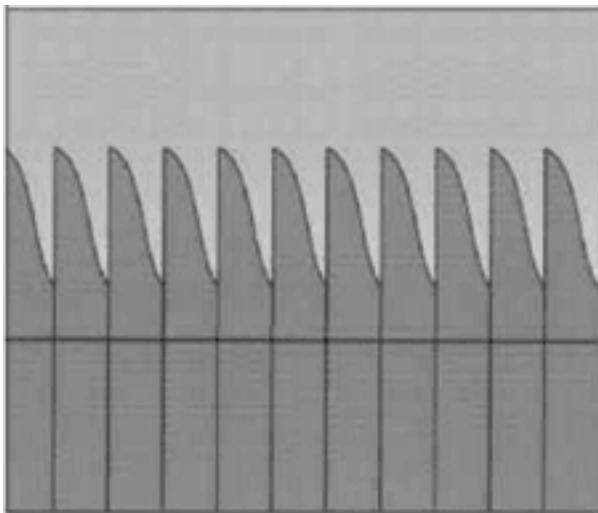


Рис. 2. Графік кількості змащення в підшипнику ковзання при застосуванні автоматичної системи змащення

Аналіз структури парку локомотивів промислового транспорту свідчить про те, що основними серіями є маневрові тепловози типу ТЕМ2 та ЧМЕ3. Розглянемо докладніше можливість застосування АЦСЗ на тепловозах серії ЧМЕ3.

Тепловоз ЧМЕ3 - маневровий тепловоз з кузовом капотного типу, з віськовою формулою 3о – 3о. Система АЦСЗ для цього тепловоза повинна мати дві незалежні системи. Перша система повинна проводити змащення вузлів мастилом залізничним типу ЖРО. Відповідно до ЦТ – 0187 «Правила проведення технічного обслуговування та поточних ремонтів тепловозів ЧМЕ3» [4] ця система зможе замінити ручну заміну та поповнення мастила таких вузлів:

- підшипники вентиляторів охолодження ТЕД;
- підшипники крайніх важелів гальма візка;
- буксові підшипники колісних пар;
- підшипники кочення електродвигунів;
- підшипникові вузли електродвигунів вентиляторів;
- підшипникові вузли оливопрокачуювального насоса;
- підшипникові вузли тягового генератора;
- підшипникові вузли двомашинного генератора;
- хрестовину вала привода та підп'ятник вентилятора холодильника.

Друга система має проводити змащення вузлів мастилом УС за ГОСТ 1033-79 або солідолом синтетичним ГОСТ 4366-76. Вона буде обслуговувати такі вузли:

- шарнірні ланки важільної передачі візка і ручного гальма;
- шарнірні гнізда підвіски головної рами тепловоза;
- обойми підвісок ТЕД;
- напрямні та трубки штоків поршнів гальмових циліндрів;
- привід жалюзі;

Можливо додаткове встановлення систем:

- по змащенню зубчастієї передачі мастилом СТП ТУ38.УССР2-23-2-80, що дозволить скоротити затрати на мастило завдяки зменшенню витрати мастила та більш якісному розпилюванню безпосередньо в зону контакту зубчастих коліс;

- змащення МОП ТЕД. Але складність такої системи полягає в необхідності сезонної заміни мастила. Влітку застосовують мастило марки Л за ГОСТ 610-72, взимку – З за ГОСТ 610-72. Це призводить до необхідності промивання системи, що в свою чергу впливає на експлуатаційні витрати АЦСЗ зменшуючи економічний ефект. Однак при застосуванні АЦЗП можливе розроблення методики запровадження всесезонного мастила. Іншим напрямом можливе використання підшипників кочення як моторно-вісьових, однак цей напрям недостатньо вивчений на сьогоднішній день;

- системи гребнезмащення. В цьому напрямі проводиться найбільше дослідів. Результати доводять ефективність їх застосування. Використання цієї системи зменшує знос колісних

пар і полегшує проходження кривих ділянок колії та стрілкових переводів.

Такий комплекс систем змащення дозволив би скоротити витрати на змащення вузлів. Складність проектування, встановлення та використання комплексу АЦСЗ (КАЦСЗ) можуть бути подолані, ґрунтуючись на досвіді встановлення систем портових кранів, де одночасно працюють від двох до чотирьох незалежних систем змащення вузлів.

КАЦСЗ тепловозів серії ТЕМ2, ґрунтуючись на накопиченому досвіді експлуатації та рекомендаціях виробника [5], матиме такі чотири незалежні АЦСЗ:

1. Система змащення мастилом ЖРО:

- підшипники вентилятора компресора;
- підп'ятник вентилятора холодильника;
- підшипники тягового генератора;
- підшипники ТЕД;
- підшипники двомашинного агрегату;
- електродвигуни приводу допоміжних машин;
- реверсор (підшипники і шийки вала, робочі поверхні роликів і кулачкових шайб, поверхні повідка і пластини пневмоприводу, поверхні штока);
- контактор послаблення поля (підшипники і шток);
- опори рами кузова;
- буксовий підшипник кочення;
- фрікційний гасник коливань;
- вентилятор охолодження головного генератора;
- вентилятор охолодження ТЕД;
- привід швидкостеміра;
- перехідна площадка міжсекційного з'єднання (поверхні тертя: штока, напрямні осей, торцевих накладок, шарнірні з'єднання ресори);
- шарнірні з'єднання гальмівної важільної передачі.

2. Система змащення мастилом осьовим (влітку Л, взимку З або С за ГОСТ 610-72):

- шкворневий вузол;
- опори рами візка;
- осьовий упор щелепової букси;
- поверхні тертя наличників;
- моторно-осьові підшипники.

3. Система змащення тягового редуктора мастилом ОС, що відповідає ТУ38-401.58-81-94.

4 Система гребнезмащення.

В цілому наведені системи для тепловозів ЧМЕЗ та ТЕМ2 мають багато спільного. Застосування однакових мастильних матеріалів та аналогічних точок змащення дає можливість створення систем з високим ступенем уніфікації, що надасть можливість зменшення витрат на їх поточне утримання.

Запропоновані вище системи змащення для різних серій тепловозів при впровадженні покликані замінити ручну працю при підтримці кількості мастильних матеріалів у вузлах.

Надалі будемо розглядати лише витрати на проведення регламентних робіт. Для тепловозів всіх серій для кожного депо розроблюються технологічні карти на проведення всіх видів технічного обслуговування та поточних ремонтів з урахуванням особливостей конкретних умов, що маються в депо. Перелік робіт, базові норми часу на їх виконання встановлюються типовими нормами часу для кожної серії тепловоза та групи обладнання.

Розрахунки з попередньої оцінки економічного ефекту від встановлення КАЦСЗ на тепловоз ЧМЕЗ визначили, що термін окупності становить від 5 до 15 років. Для тепловозів ТЕМ2 ця величина має інтервал 4 – 12 років. Ця цифра значно зменшиться, якщо врахувати економічний ефект від продовження терміну служби окремих вузлів та деталей. Однак на сьогодні через брак досвіду використання цих систем на рухомому складі оцінити терміни збільшення ресурсу вузлів неможливо. Досвід використання КАЦСЗ на різних видах транспортних засобів свідчить про можливість економії мастильних матеріалів від 5 до 15 відсотків, а продовження ресурсу пар тертя від 6 до 30 %. Додатково на підвищення ефективності впровадження КАЦСЗ впливає підвищення ефективності використання тепловозів завдяки скороченню часу простою при проведенні планових ТО та ПР.

З вище наведеного матеріалу можна зробити такі висновки:

1. Встановлення КАЦСЗ на тепловозах є дуже перспективним напрямом вдосконалення тепловозів та збільшення терміну служби.

2. Установка КАЦСЗ на тепловозах ЧМЕЗ та ТЕМ2 при проведенні модернізації дозволить скоротити витрати на поточну експлуатацію шляхом зменшення витрат на проведення ручного

змащення вузлів і перевірку рівня мастильних матеріалів.

3. В роботі було розроблено загальну структуру автоматичних систем змащення для тепловозів ЧМЕЗ та ТЕМ2.

4. Для більш точних оцінок з ефективності впровадження і експлуатації КАЦСЗ на маневрових тепловозах потрібно проведення натурних випробувань та дослідної експлуатації тепловозів зі встановленими на них комплексами систем автоматичного змащення.

Література

1. Централизованная система смазки порталных кранов. [Электронный ресурс]. - Режим доступа http://irbis.ua/index.php?option=com_content&task=view&id=502&Itemid=485

2. Централизованная смазка паровозов. / В.А. Едидович, В.Е. Ильчук, П.Н. Рудницкий, Ф.Д. Ткаченко. – М.: Трансжелдориздат, 1956. – 128 с.

3. Паровозы. Общий курс конструкций и элементы теории. / Под ред. проф. А. А. Чирикова. – М.: Государственное транспортное железнодорожное издательство, 1953. – 696 с.

4. Правила проведения технического обслуживания та поточних ремонтів тепловозів ЧМЕЗ, ЧМЕЗТ, ЧМЕЗЕ / ЦТ – 0187 / [Текст]. – К.: Укрзалізниця, 2010. – 280 с.

5. Тепловоз ТЭМ2У: Руководство по эксплуатации и техническому обслуживанию – М.: Транспорт, 1988. – 256 с.

Referents

1. Centralizovannaja sistema smazki portal'nyh kranov. [Jelektronnyj resurs]. - Rezhim dostupa http://irbis.ua/index.php?option=com_content&task=view&id=502&Itemid=485

2. Centralizovannaja smazka parovozov. / V.A. Edidovich, V.E. Il'chuk, P.N. Rudnickij, F.D. Tkachenko. – M.: Transzheldorizdat, 1956. – 128 s.

3. Parovozy. Obshhij kurs konstrukcij i jelementy teorii. / Pod red. prof. A. A. Chirikova. – M.: Gosudarstvennoe transportnoe zheleznodorozhnoe izdatel'stvo, 1953. – 696 s.

4. Pravila provedennja tehničnogo obslugovuvannja ta potocnih remontiv teplovoziv ChMEZ, ChMEZT, ChMEZE / CT – 0187 / [Tekst]. – K.: Ukrzalizicja, 2010. – 280 s.

5. Teplovoz TJeM2U: Rukovodstvo po jekspluatácii i tehničeskomu obsluživaniju – M.: Transport, 1988. – 256 s.

Фалендыш А.П., Сумцов А.Л., Трубихин О.В., Білецький Ю.В. Перспективы внедрения централизованных систем смазки на маневровых тепловозах промышленного транспорта.

В статье рассмотрена необходимость и перспективы внедрения автоматических

централизованных систем смазки на маневровых тепловозах, работающих на предприятиях промышленного транспорта. Проведен анализ преимуществ применения автоматических централизованных систем смазки по сравнению с существующим подходом ручной смазки пар трения. Проведена оценка возможной конструкции таких систем с учетом особенностей конструкции отдельных серий тепловозов и разработаны рекомендации по применению таких систем на тепловозах промышленного транспорта. Приведены результаты предварительной оценки экономического эффекта и срока окупаемости комплекса автоматических систем смазки для тепловозов ЧМЭЗ и ТЭМ2.

Ключевые слова: системы смазки, модернизация, маневровые тепловозы, ЧМЭЗ, ТЭМ2.

Falendysh A.P., Sumtsov A.L., Trubihin O.V., Biletskiy Y.V. Perspectives of centralized lubricant shunting diesel locomotives of industrial transport

The article discussed the need and prospects of the automatic central lubrication systems to shunted locomotives operating in the industrial enterprises of transport. The analysis of the advantages of automatic central lubrication systems in comparison with the existing approach of manual lubrication friction pairs. The evaluation of the possible design of such systems, taking into account design features separate series locomotives and recommendations for use of such systems for industrial locomotives transport. The results of the preliminary assessment of the economic effects and the payback period of the complex automatic lubrication systems for diesel locomotives CHME3 and TEM2 and determined the feasibility of a pilot operation of locomotives equipped with such systems in order to clarify the effect of increasing the economic resources of friction pairs.

Key words: lubrication system, modernization, shunting locomotives, CHME3, TEM2.

Фалендыш Анатолій Петрович - д.т.н., професор, завідувач кафедри «Теплотехніка та теплові двигуни» Української державної академії залізничного транспорту

Сумцов Андрій Леонідович - аспірант кафедри «Експлуатація та ремонт рухомого складу» Української державної академії залізничного транспорту

Трубіхін Олег Васильович - аспірант кафедри «Експлуатація та ремонт рухомого складу» Української державної академії залізничного транспорту.

Білецький Юрій Віталійович - аспірант кафедри «Експлуатація та ремонт рухомого складу» Української державної академії залізничного транспорту

Рецензент: Тартаковський Е.Д., д.т.н., професор.

Стаття подана: 22.07.2013

УДК 539.3

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТОРМОЗНОЙ КОЛОДКИ И ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО КОЛЕСА С УЧЕТОМ ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЯ ОТ ТРЕНИЯ

Чебаков М.И., Ляпин А.А., Колесников И.В.

INTERACTION BETWEEN THE BRAKE PADS AND RAILWAY WHEEL IN THE PRESENCE OF HEAT FROM FRICTION

Chebakov M.I., Lyapin A.A., Kolesnikov I.V.

На стадии торможения в процессе движения железнодорожного вагона происходит сложное взаимодействие колес с тормозными колодками, приводящее как к нагреву колодок, так и колес. Основным источником возникновения тепловых потоков на колесах и тормозных колодках является трение в зонах контакта колес и колодок.

Поставлена и исследована нестационарная термоупругая контактная задача, моделирующая взаимодействие тормозной колодки и железнодорожного колеса с учетом вращения колеса по достаточно произвольному закону. На всех границах колеса и тормозной рычажной передачи вне областей контакта заданы условия отсутствия внешних усилий и задан свободный теплообмен с окружающей средой. В зоне контакта колодки и колеса задано Кулоновское трение, возбуждающее температурные поля во всей системе. Проведены расчеты температурных полей в моделируемой системе при некоторых геометрических и физико-механических параметрах задачи.

Ключевые слова: *тормозная колодка, трение, тепловыделение от трения, термоупругость, математическое моделирование, контактное взаимодействие.*

Постановка задачи. В качестве модели контактного взаимодействия тормозной колодки и железнодорожного колеса рассмотрим плоскую систему тел, состоящую из колеса, тормозной колодки, башмака, втулки и цилиндра, нагруженного прижимающей колодку к колесу силой P (рис. 1). Отметим, что температурные

поля в тормозной колодке при ее взаимодействии с колесом изучались, например, в [1].

Для описания данной системы тел воспользуемся уравнениями связанной термоупругости для каждого тела, которые можно представить в виде [2]:

$$\{\varepsilon\} = [D]^{-1}\{\sigma\} + \{\alpha\}\Delta T;$$

$$S = \{\alpha\}^T \{\sigma\} + \frac{\rho C_p}{T_0} \Delta T \text{ или}$$

$$\{\sigma\} = [D]\{\varepsilon\} + \{\beta\}\Delta T;$$

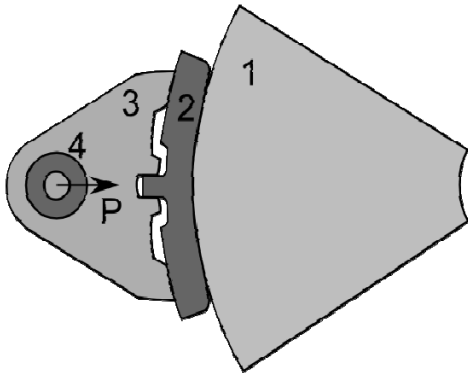
$$\frac{\partial Q}{\partial t} = T_0 \{\beta\}^T \frac{\partial \{\varepsilon\}}{\partial t} + \rho C_V \frac{\partial (\Delta T)}{\partial t} - [K] \nabla^2 T \quad (1)$$

где $\{\varepsilon\}$ - вектор деформации, D - матрица упругой жесткости, $\{\sigma\}$ - вектор напряжений, S - плотность энтропии, $\{\alpha\}$ - вектор коэффициентов температурного расширения, T - текущая температура, Q - плотность потока тепла, T_0 - абсолютная температура окружающей среды, $\{\beta\}$ - вектор термоупругих коэффициентов, ρ - плотность, C_V - удельная теплоемкость при постоянной деформации, C_p - удельная теплоемкость при постоянной нагрузке, $[K]$ - матрица теплопроводности.

Рис. 1. Схема взаимодействия колодки и колеса (1 - фрагмент колеса, 2 - подошва тормозного башмака, 3 - тормозной башмак, 4 - втулка)

В процессе нагружения системы силой P возникает несколько контактных поверхностей, а именно: колодки с колесом, башмака с колодкой, втулки с башмаком и нагружаемого цилиндра со втулкой. В области контакта задано Кулоновское трение $F_{fr} = kN$, где k - коэффициент трения, а $N = F(P)$ - есть некоторая функция нормальной реакции, зависящая от прижимной силы P .

Вне области контакта задан свободный теплообмен с окружающей средой и отсутствуют нагрузки. Также на систему наложены кинематические условия, состоящие в блокировке некоторых направлений перемещения тормозного башмака и во вращении самого колеса, которое было задано по линейному закону, что моделирует ситуацию движения поезда под уклон, когда необходимо сохранять постоянную скорость движения состава. В таких случаях в зависимости от длины пути и скорости время движения может достигать довольно больших величин и процесс теплообразования при торможении может



значительно влиять на поведение тормозной системы железнодорожного состава.

Метод конечных элементов. Задача решалась с помощью конечно-элементного пакета ANSYS 11 [3-5]. Для построения модели тел был использован восьмиузловой элемент PLANE223, допускающий при моделировании учет как упругих, так и температурных полей, конечно-элементные матричные уравнения которого имеют вид:

$$\begin{bmatrix} [M] & [0] \\ & [0] \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \{u\} \\ \{T\} \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} [C] & [0] \\ & [C^t] \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \{u\} \\ \{T\} \end{Bmatrix} +$$

$$+ \begin{bmatrix} [K] & [K^{uu}] \\ & [K^t] \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \{u\} \\ \{T\} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \{F\} \\ \{Q\} \end{Bmatrix}; \quad (2)$$

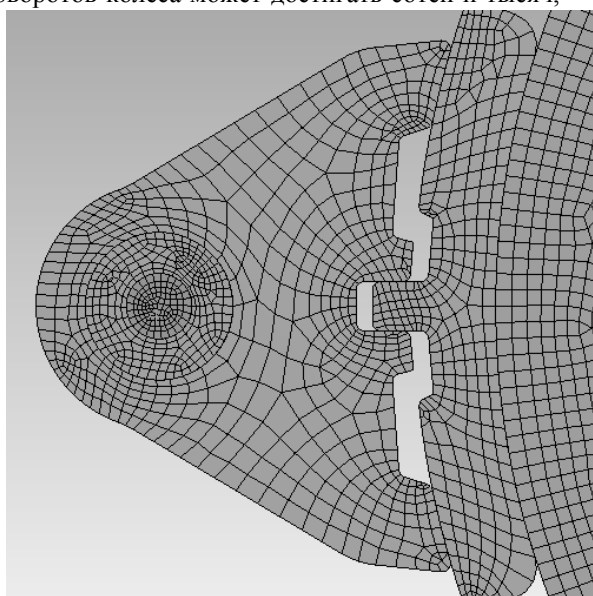
где M - матрица масс, C - матрица демпфирования, K - матрица жесткости, u - вектор смещений, F - сумма узловых усилий и давлений на элементах, C^t - удельная теплоемкость, K^t - матрица диффузионной проводимости, T - вектор температур, K^{uu} - матрица термоупругой жесткости, B - матрица напряжений-смещений, N - функции формы элементов, C^{uu} - матрица термоупругого демпфирования.

Контактные поверхности задавались с помощью элементов CONTA172 и TARGET169. Особое внимание необходимо обратить на задание ключевых опций элемента CONTA172. В случае поставленной задачи необходимо к числу степеней свободы контактного элемента добавить учет температуры, а также исключить начальные проникновения или разрывы. Для моделирования процесса передачи тепла между контактирующими поверхностями требуется задать контакт с трением, а также величину коэффициента контактной теплопроводности, который связан с пропорциональностью потока тепла между поверхностями разности температур контактирующих тел. Сетка строилась канонической и сгущалась в зонах, близких к контактными областям, для достижения оптимальной точности и времени расчета. К центру колеса в некотором отдалении от контактирующей поверхности сетка делалась крупнее, так как термоупругие поля в этой зоне не представляют большого интереса, а время расчета задачи значительно зависит от количества элементов. Для оптимизации разбиения сетки были использованы различные встроенные методы. Размеры элементов на противоположных поверхностях в контактной паре были выбраны одинаковыми для корректного решения задачи.

Для моделирования процесса трения был выбран FULL TRANSIENT анализ с таким разбиением по времени, чтобы за один шаг колесо поворачивалось, примерно, на один градус. Данное разбиение обеспечивает достаточную точность решения для полученной сетки. При использовании большего шага по времени моделирование показывало неправдоподобные результаты: скачки тел относительно друг друга, скачкообразное изменение тепловых полей. При решении задачи с другим разбиением областей

необходимо отдельно виявити оптимальний шаг по времени. Учитывая нелинейность задачи, для решения был использован несимметричный решатель.

Проведение расчетов температурных полей и напряженно-деформированного состояния проводилось при различных режимах вращения колеса (различные режимы торможения и скорости вращения колеса), различной величине прижимающей силы и различных физико-механических параметрах деталей рассматриваемой механической системы. В процессе реального движения состава количество поворотов колеса может достигать сотен и тысяч,



что в результате требует решения огромного количества контактных термоупругих задач. Процесс расчета на современном двухядерном персональном компьютере довольно затратный по времени. Например, для того чтобы провести расчет при 40 оборотах колеса с сохранением всех данных о температурных полях и напряженно-деформированном состоянии в каждый момент требуется не менее 38 часов компьютерного времени.

На рис. 2 показан пример конечно-элементного разбиения областей всех элементов системы взаимодействующих тел.

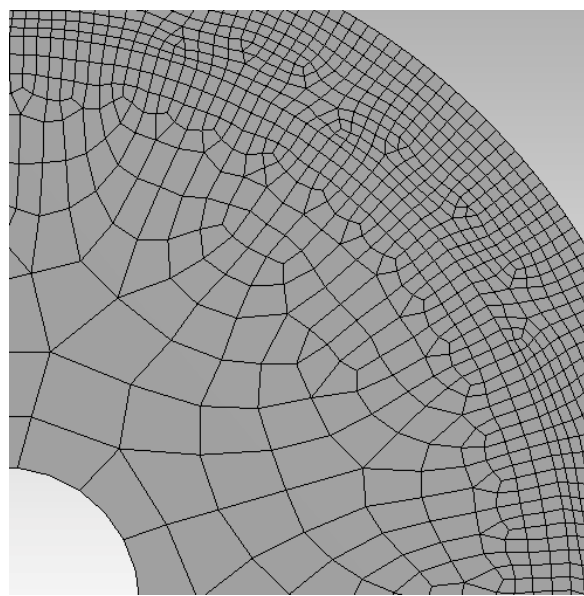


Рис. 2. Пример конечно-элементного разбиения областей

Числовые расчеты. Для проведения расчетов в случае большого числа оборотов колеса использовались суперкомпьютерная система, состоящая из четырех вычислительных кластеров Edge-8 «Г-Платформы» с производительностью по 300 гигафлопс каждый, и лицензионное программное обеспечение ANSYS 11.0 с возможностями проведения параллельных вычислений. Отметим, что имеющееся оборудование и программное обеспечение позволяли рассчитывать конечно-элементные модели с большим количеством узлов и с большим числом оборотов колеса, добываясь необходимой точности вычислений.

На рис. 3 в качестве примера показаны характерные температурные поля в различные моменты времени. В качестве физико-механических параметров колеса и башмака брались параметры стали, колодки – чугуна, а втулки – меди. Радиус колеса предполагался равным 0.475 м, усилие, действующее на колодку,

$P=35000$ н/м. Стальные детали имели следующие параметры: плотность – $\rho_c=7859$ кг/м³, модуль Юнга - $E_c=2 \cdot 10^{11}$ Па, коэффициент Пуассона - $\nu_c=0.3$, теплоемкость – 434 дж/(град кг), теплопроводность – 60.5 вт/(град м), коэффициент температурного расширения - $1.2 \cdot 10^{-5}$ 1/град. Медная втулка имела следующие параметры: плотность – $\rho_c=8300$ кг/м³, модуль Юнга –

$E_c=1.1 \cdot 10^{11}$ Па, коэффициент Пуассона - $\nu_c=0.34$, теплоемкость – 385 дж/(град кг), теплопроводность – 401 вт/(град м), коэффициент температурного расширения - $1.8 \cdot 10^{-5}$ 1/град. Чугунная тормозная колодка имела следующие параметры: плотность – $\rho_c=7200$ кг/м³, модуль Юнга - $E_c=1.1 \cdot 10^{11}$ Па, коэффициент Пуассона – $\nu_c=0.28$, теплоемкость – 447 дж/(град кг), теплопроводность – 52 вт/(град.м), коэффициент

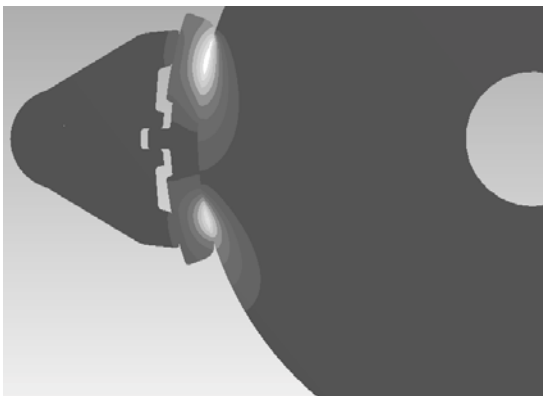
температурного розширення - $1.1 \cdot 10^{-5}$ 1/град. В розглянутому прикладі кутова швидкість обертання колеса постійна і дорівнює $1/12$ сек-1, коефіцієнт тертя - $k=0.3$.

В початковий момент часу передбачалося, що температура оточуючої середовища і системи «тормозна колодка – колесо» однакова і становить 10 град. С. В розглянутому варіанті за половину оборота колеса температура в зоні контакту підвищилася на 0.24 град.

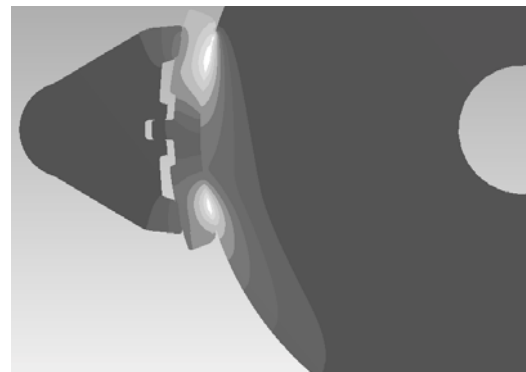
Висновки. Аналіз проведених температурних розрахунків для розглянутої моделі показав, що в початковий момент часу максимальні температури виникають на краях тормозної колодки, а з часом вони переміщуються ближче до центральної частини колодки в околицях її

контактної поверхні з колесом. Показано також, що при певних режимах теплообміну з оточуючим середовищем відносний максимум температури в деяких областях колеса знаходиться не на поверхні катання колеса, а на певній відстані від неї, що було раніше зазначено в [1].

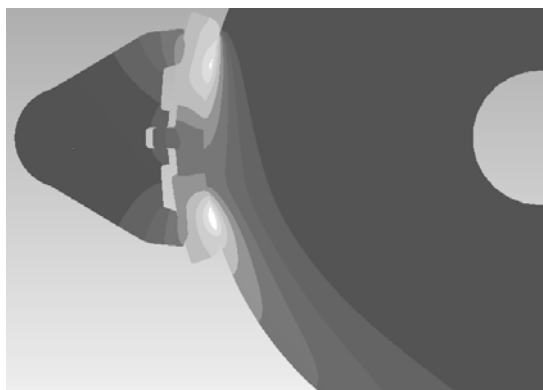
Викладена схема дослідження взаємодії однорідної тормозної колодки і колеса при рівномірному обертанні колеса може бути поширена також на випадок композиційної колодки відповідної заміни кінцевих елементів колодки, а також на випадок нерівномірного обертання колеса. Аналогічно може бути розглянутий випадок впливу на бандажоване колесо двох тормозних колодок.



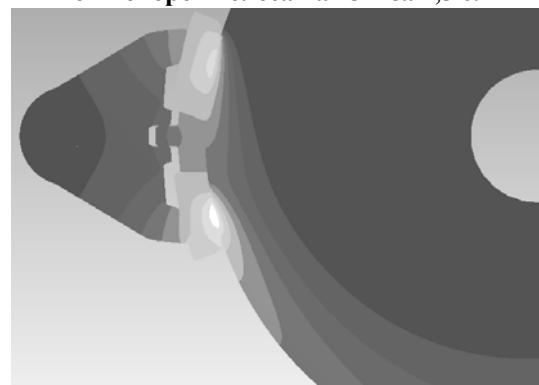
а - поворот колеса на 15° за 0,5 с.



б - поворот колеса на 45° за 1,5 с.



в - поворот колеса на 90° за 3 с.



г - поворот колеса на 180° за 6 с.

Рис. 3. Розподіл температури в різні моменти часу

Результати подальших запланованих досліджень взаємодії тормозних колодок і залізничного колеса вагона або

електровоза з урахуванням їх геометрії в тривимірному варіанті можуть бути використані при проектуванні нових типів тормозних колодок.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты 12-08-90022 Бел_а, 11-08-00909).

Литература

1. Колесников, В. И. Теплофизические процессы в металлополимерных трибосистемах/ В.И. Колесников. М.: Наука, 2003. 280 с.
2. Новацкий, В. Теория упругости/ В. Новацкий. М.: Мир, 1975. 872 с.
3. Kohnke, P. Theory references for the Mechanical APDL and Mechanical Applications/ P. Kohnke. 2009. 1183 p.
4. Басов, К. А. ANSYS в примерах и задача /К.А. Басов. М.: Компьютер пресс, 2002. 224 с.
5. Морозов, А. Ю., ANSYS в руках инженера: механика разрушения / А.Ю. Морозов, А.С. Муйземнек, Е.М. Шадский. М.: ЛЕНАНД, 2008. 456 с.

References

1. Kolesnikov, V.I. Thermo-physical processes in metal- polymer tribosystems / V.I. Kolesnikov. – Moscow : Nauka, 2003. – 280 p.
2. Nowackiy, W. Theory of Elasticity / W. Nowackiy. – Moscow : Mir, 1975. – 872 p.
3. Kohnke, P. Theory references for the Mechanical APDL and Mechanical Applications / P. Kohnke. – 2009. – 1183 p.
4. Basov, KA. ANSYS in examples and problems / K. Basov. – Moscow : Computer Press, 2002. – 224 p.
5. Morozov, A.Yu. ANSYS in the hands of the engineer: fracture mechanics / A.Yu. Morozov, A.S. Muyzemnek, E.M. Shadskiy. – Moscow : LENAND, 2008. – 456 p

Чебаков М. І., Ляпин О. О., Колесніков І. В.
Взаємодія гальмівної колодки і залізничного колеса з урахуванням тепловиділення від тертя

Побудовано кінцево-елементну модель взаємодії гальмівної колодки і залізничного колеса з урахуванням тертя, тепловиділення від тертя і обертання колеса. Проведено розрахунки напружено-деформованого

стану і температурних полів в моделюючій системі при різних режимах обертання колеса і різних фізико-механічних параметрах завдання.

Ключові слова: гальмівна колодка, тертя, тепловиділення від тертя, термопружність, математичне моделювання, контактна взаємодія.

Chebakov M. I., Lyapin A. A., Kolesnikov I. V.
Interaction between the brake pads and railway wheel in the presence of heat from friction

The finite element model of the interaction brake pads and railway wheel with friction, heat from the friction and rotation of a wheel is created. Calculations of the stress-strain state and temperature fields in the simulated system in different modes of rotation of a wheel and various physical and mechanical parameters of the problem are made.

Keywords: brake pads, friction, heat from friction, thermoelasticity, mathematical modeling, contact interaction.

Чебаков М. І. – д.ф.-м.н., проф., зав. відомом механіки контактних взаємодій, Научно-дослідницький інститут механіки і прикладної математики ЮФУ, e-mail: chebakov@math.sfedu.ru

Ляпин А. А. – аспірант відомо механіки контактних взаємодій, Научно-дослідницький інститут механіки і прикладної математики ЮФУ, e-mail: Jeroma61@yandex.ru

Колесніков І. В. – к.т.н., доц. кафедри «Теоретическа механіка», Ростовський державний університет путей сообщения (РГУПС), e-mail: kolesnikoviv@rgups.ru

Статья подана 4.06.2013 УДК 656.613

УДК 53.082.22

ПРЕЦИЗИОННЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛООВОГО РАСШИРЕНИЯ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Чернов А.И., Рощупкин В.В., Покрасин М.А.

PRECISION METHOD OF INVESTIGATION THERMAL EXPANSION METALS AND ALLOYS

Chernov A. I., Roschupkin V.V., Pokrasin M.A.

Приведено описание оригинального метода дифференциального гидростатического взвешивания для измерения термического расширения жидких металлов и сплавов в широком диапазоне температур. Проведена тарировка созданной на основе этого метода опытной установки на примере калий-цезиевых сплавов в расплавленном состоянии при высоких температурах.

Ключевые слова: жидкие металлы, плотность, коэффициент объемного термического расширения, гидростатическое взвешивание.

Жидкие металлы и сплавы на их основе нашли широкое применение в различных областях современной науки и новой техники, в частности в качестве теплоносителей и рабочих тел в атомной и термоядерной энергетике. Поэтому экспериментальное исследование их физико-химических свойств имеет большое практическое значение. Среди этих свойств наибольший интерес представляют плотность и термическое расширение в расплавленном состоянии.

Плотность жидкометаллических теплоносителей и рабочих тел исследовалась хорошо известными в литературе методами [1–4]. Основными среди них являются методы дилатометра, пикнометра, гидростатического взвешивания и проникающего гамма-излучения. Однако при исследовании металлов и сплавов с высоким давлением насыщенных паров, таких как щелочные металлы и их системы, эти методики обнаруживают значительные недостатки, приводящие к существенному и неконтролируемому увеличению погрешности измерений.

Целью работы является разработка нового метода измерения коэффициента объемного термического расширения (КОТР) в жидкой фазе. Предложенный метод был разработан в Институте металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН [5, 6]. На метод было получено авторское свидетельство, а также он был аттестован в ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» [7].

Принципиальная схема разработанного метода представлена на рис. 1. К плечам аналитических весов на тонких нитях подвешивают поплавки из материала, которые имеют одинаковую массу и объем. Стаканы заполняют исследуемой жидкостью до одного и того же уровня, чтобы поплавки были полностью погружены в нее. Предварительно весы тщательно уравнивают, а затем на правую чашку весов устанавливают дополнительный груз массой Δm . Восстановить равновесие весов без использования дополнительных грузов можно путем создания различных температур исследуемой жидкости в правом и левом стаканах. При этом плотность жидкости в них будет иметь различное значение, а, следовательно, будет различной выталкивающая сила, действующая на поплавки в стаканах.

Считая, что температура исследуемой жидкости в левом стакане равна T_1 , плотность – ρ_1 , а объем поплавка – V_1 , то при наступлении равновесия весов температура в правом стакане должна быть – T_2 , плотность – ρ_2 , а объем – V_2 .

Тогда уравнение равновесия можно записать в следующем виде:

$$gm - g\rho_1 V_1 = g\Delta m + gm - g\rho_2 V_2, \quad (1)$$

где g – ускорение свободного падения;

m – масса левого и правого поплавков.

Это уравнение приводится к следующему виду:

$$\Delta m = \rho_2 V_2 - \rho_1 V_1. \quad (2)$$

При этом восстановление равновесия наступает из-за различия плотности исследуемой жидкости в стаканах и, соответственно,

выталкивающих сил, действующих на чашки весов при условии $T_1 > T_2$, $V_1 > V_2$ и $\rho_1 < \rho_2$.

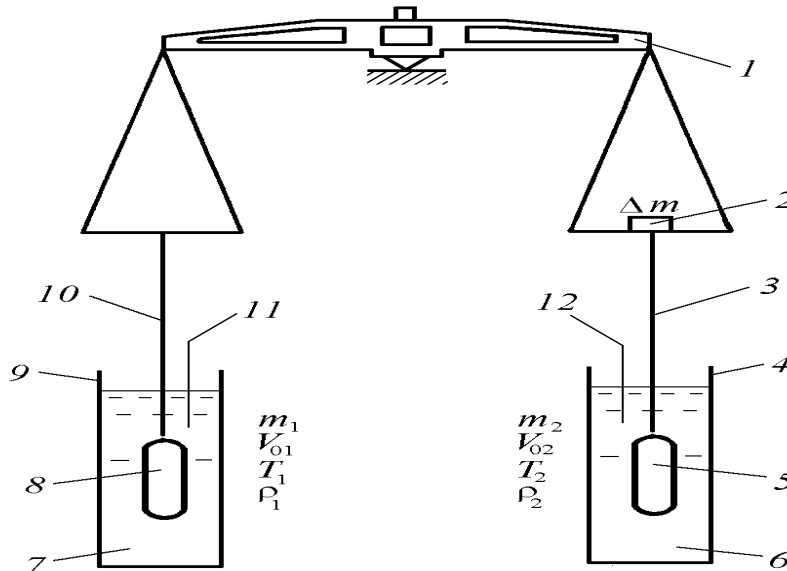


Рис. 1. Принципиальная схема метода дифференциального гидростатического взвешивания: 1 – аналитические весы; 2 – разбаланс весов; 3, 10 – правая и левая нити подвеса; 4, 9 – стаканы; 5, 8 – поплавки; 6, 7 – исследуемый расплав; 11, 12 – измерители температуры

Для плотности жидкости можно записать $\rho_1 = \rho_0[1 - \beta_1(T_1 - T_0)]$;

$$\rho_2 = \rho_0[1 - \beta_2(T_2 - T_0)], \quad (3)$$

где ρ_0 – плотность расплава при некоторой опорной температуре T_0 (в общем случае за T_0 принимается температура плавления исследуемого вещества); β_1 , β_2 – средний температурный коэффициент объемного расширения расплава в интервале температур от T_0 до T_1 и T_2 соответственно.

Величина разбаланса Δm не превышает, как правило, 200 мг. При этом разница между температурами T_1 и T_2 такова, что можно принять $\beta_1 = \beta_2 = \beta$, где β – средний температурный коэффициент объемного расширения расплава в интервале температур от T_0 до $T_{cp} = (T_1 + T_2)/2$.

Тогда уравнение для плотности расплавов (3) можно записать в следующем виде:

$$\rho_1 = \rho_0[1 - \beta(T_1 - T_0)];$$

$$\rho_2 = \rho_0[1 - \beta(T_2 - T_0)]. \quad (4)$$

Подставляя уравнения (4) в (2) и решая его относительно β , получим следующее выражение:

$$\beta = [\rho_0(V_1 - V_2) + \Delta m] / [(T_1 - T_0)V_1 - (T_2 - T_0)V_2]. \quad (5)$$

Наружные объемы поплавков при рабочих температурах T_1 и T_2 рассчитываются по формулам

$$V_1 = V_{01}[1 + \alpha_1(T_1 - 293,2)]^3;$$

$$V_2 = V_{02}[1 + \alpha_2(T_2 - 293,2)]^3, \quad (6)$$

где V_{01} и V_{02} – наружный объем левого и правого поплавка при температуре калибровки 293,2 К; α_1 , α_2 – средний температурный коэффициент линейного расширения материала поплавков в диапазоне от комнатной температуры до T_1 и T_2 соответственно.

Наружные объемы поплавков V_{01} и V_{02} определяются перед началом основных измерений путем их взвешивания в воздухе и воде при комнатной температуре, а тепловое расширение материала поплавков в интервале от комнатной температуры до температуры жидкости в рабочих стаканах T_1 и T_2 и плотности исследуемого расплава ρ_0 при опорном значении температуры T_0

Таким образом, непосредственно в опытах следует определять лишь температуры расплава в левом и правом стаканах T_1 и T_2 соответственно, при которых устанавливалось равновесие весов.

Для реализации метода дифференциального гидростатического взвешивания была сконструирована и создана опытная установка, принципиальная схема которой представлена на рис. 2. Она состоит из двух камер высокого давления. В верхней камере располагаются лабораторные аналитические весы типа АДВ-200 I класса. В соответствии с условиями работы этих весов в экспериментах они были несколько

переделаны. В частности их стеклянное основание заменялось на стальное, а ручной привод арретира – на электрический. Кроме того, камера весов была оборудована двумя кварцевыми окнами, уплотняемыми в ней на прокладках из вакуумной резины. Одно окно предназначалось для подсветки измерительной шкалы весов, другое – для отсчета их показаний. Модернизированные таким образом аналитические весы поверялись в специализированной метрологической организации. При этом вышеприведенные характеристики весов остались без изменения.

Как отмечалось ранее, разбаланс весов достигается путем наложения на правое плечо их коромысла груза, в качестве которого используются плоские стандартные разновесы массой 200–500 мг.

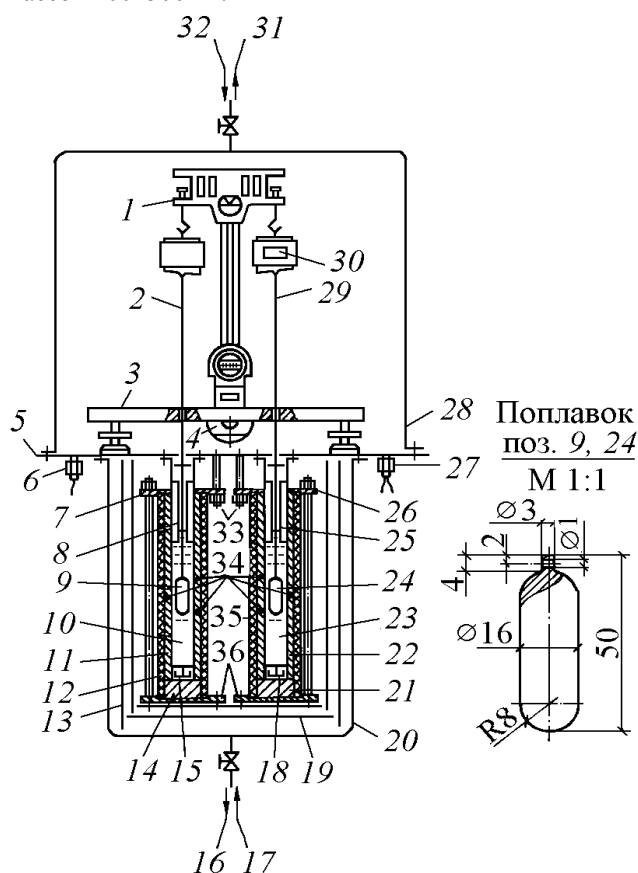


Рис. 2. Принципиальная схема опытной установки:
 1 – аналитические весы; 2, 29 — нити подвеса;
 3 – основание весов; 5 – опорная плита; 6 – токовый ввод; 7, 26 – верхние крышки печей; 8, 25 – вытеснители; 9, 24 – поплавки; 10, 23 – исследуемый расплав; 11, 22 – термостатирующие блоки; 12, 35 – нагревательные печи; 13 – система радиальных экранов; 14, 21 – подставки; 15, 18 – заглушки; 16, 31 – вакуум; 17, 32 – инертный газ; 19 – система торцевых экранов; 20 – камера печей; 27 – термопарный вывод; 28 – камера весов; 30 – разбаланс весов; 33 – подвесные шпильки; 34 – измерительные термопары; 36 – нижние крышки печей

К правому и левому плечам коромысла весов на молибденовых нитях диаметром 0,2 мм подвешиваются сплошные цилиндрические поплавки из молибдена вакуумной плавки марки МЧВП, которые размещаются в рабочих стаканах с исследуемым расплавом.

Температура расплава в них поддерживается при помощи нагревательных печей, представляющих собой цилиндрические толстостенные трубы из оксида алюминия, на наружной поверхности которых в специальных пазах укладывается молибденовая проволока диаметром 0,8 мм. Кроме основного нагревателя каждая из высокотемпературных печей имеет верхний и нижний охранные нагреватели, выполненные в виде спиралей из молибденовой проволоки диаметром 0,5 мм. Электрическая мощность основного и охранных нагревателей составляет 3 и 1 кВт соответственно. Такие печи позволяют достичь максимальной температуры около 1500 °С.

Электропитание основных и охранных нагревателей осуществляется от регуляторов напряжения мощностью 5 и 2 кВт соответственно и пределами регулирования напряжения 0–250 В каждый. Для тонкой регулировки напряжения, подаваемого на основные нагреватели, в их цепи последовательно включаются балластные реостаты с 40 ступенями регулирования общим сопротивлением 0,8 Ом. В процессе работы контролируются напряжение и ток нагревателей.

Для обеспечения равномерного температурного поля в районе расположения поплавков стаканы с расплавом находились внутри массивных термостатирующих блоков из молибдена. Градиент температуры по высоте рабочих участков печей не превышал $\pm 0,4$ °С/см. Стаканы, термостатирующие цилиндры и нагревательные печи собирались в блочные конструкции при помощи верхних и нижних фланцев, стягиваемых длинными шпильками. В свою очередь они прикреплялись на коротких шпильках к опорной плите экспериментальной установки и закрывались нижней камерой высокого давления. Для защиты ее стенок от прямого воздействия тепловой радиации высокотемпературных печей последние окружались системами радиальных и торцевых экранов. Дополнительно стенки нижней камеры охлаждались проточной водой.

Температура исследуемого расплава в стаканах измерялась платинородий-платиновыми термопарами (градуировка ПП–1) II разряда, поверенным в специализированной метрологической организации методом сличения с аналогичной термопарой I разряда. Измерительные термопары, заключенные в двухканальную алундовую соломку, вставлялись в сверления в термостатирующих блоках. Местоположение их чувствительных элементов

(корольков) относительно поплавок указано на рис. 2.

Калий-цезиевые сплавы (с содержанием цезия – сплав № 1 – 12,4; № 2 – 29,8; №3 – 69,8 ат. %) приготавливались весовым методом на специальном стенде, а плотность опорного значения при комнатной температуре измерялась dilatометрическим методом. Результаты исследований приведены в таблице и на рис. 3.

Полученные опытные данные были обработаны методом наименьших квадратов аппроксимирующим уравнением вида $\beta \cdot 10^4 = a_0 + a_1 T + a_2 T^2 + \dots$, (8) где β – КОТР исследованных сплавов, 1/К и T – абсолютная температура, К.

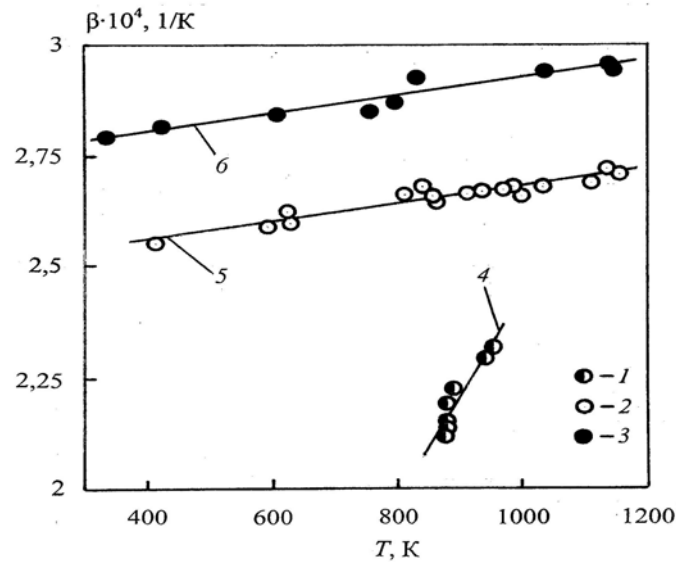


Рис. 3. Температурная зависимость теплового расширения калий-цезиевых сплавов: 1 – сплав № 1; 2 – сплав № 2; 3 – сплав № 3; 4, 5, 6 – аппроксимирующее уравнение (8)

Таблица 1

Опытные данные о тепловом расширении жидких сплавов системы К–Сs

Сплав №1		Сплав №2		Сплав №3	
T, К	$\beta \cdot 10^4, 1/K$	T, К	$\beta \cdot 10^4, 1/K$	T, К	$\beta \cdot 10^4, 1/K$
876,9	2,117	415,1	2,549	330,3	2,791
878,4	2,136	590,5	2,589	420,9	2,814
878,9	2,153	621,7	2,624	606,6	2,843
879,0	2,192	624,6	2,600	753,0	2,849
886,9	2,225	812,6	2,661	797,3	2,871
970,2	2,289	839,1	2,682	828,4	2,927
947,6	2,319	858,7	2,660	1034,0	2,942
-	-	863,9	2,65	1138,5	2,958
-	-	913,6	2,665	1148,4	2,955
-	-	934,0	2,671	-	-
-	-	968,7	2,678	-	-
-	-	982,4	2,684	-	-
-	-	998,8	2,663	-	-
-	-	1030,6	2,682	-	-
-	-	1110,3	2,691	-	-
-	-	1132,5	2,726	-	-
-	-	-	-	-	-

Доверительная погрешность измерений КОТР исследованных калий-цезиевых сплавов рассчитывалась по методике [8] и не превышала 3 %. Ее значение хорошо согласуется с величиной погрешности определения КОТР чистых щелочных металлов в жидкой фазе в

сопоставимых диапазонах температур [3, 4], что свидетельствует о надежности и точности разработанного метода дифференциального гидростатического взвешивания и полученных с её помощью экспериментальных результатов.

Выводы. Разработан метод дифференциального гидростатического взвешивания, являющийся одним из основных инструментов для исследования температурной зависимости коэффициента объемного термического расширения металлических расплавов в широком интервале температур. Детально описана конструкция и процедура работы экспериментального стенда.

Проведена апробация разработанного метода измерения и созданной на его основе опытной установки путем экспериментального исследования термического расширения трех калий-цезиевых сплавов в диапазоне от комнатной температуры до ~1200 К. Показано, что полученные результаты являются достаточно надежными.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ № 12-08-00732а.

Література

1. Исследование металлов в жидком и твердом состоянии. Под ред. А.М. Самарина. М.: Наука, 1964. 280с.
2. *Crawley A.F.* Densities of Liquid Metals and Alloy // Intern. Metallurgical Rev. 1974. V. 19. No. 3. P. 32–48.
3. *Шпильрайн Э.Э., Якимович К.А., Сквородько С.Н., Мозговой А.Г.* Плотность и тепловое расширение жидких щелочных металлов // Обзоры по теплофизическим свойствам веществ. 1983. № 6. С. 1–92.
4. *Shpilrain E.E., Yakimovich K.A., Fomin V.A. et al.* Density and Thermal Expansion of Liquid Alkali Metals. In: Handbook of Thermodynamic and Transport Properties of Alkali Metals. Ed. R.W. Oshe. Oxford, UK: Blackwell Sci. Publ., 1985. P. 435–469.
5. *Новиков И.И., Роцупкин В.В., Чернов А.И., Груздев В.А.* Устройство для измерения температурного коэффициента объемного расширения жидкости. Авторское свидетельство № 1516923 // Бюллетень изобретений. 1989. № 39. С. 204.

6. *Новиков И.И., Шпильрайн Э.Э., Роцупкин В.В. и др.* Методика дифференциального гидростатического взвешивания для исследования теплового расширения металлических расплавов // Перспективные материалы. 2002. № 5. С. 75–82.

5. *Якимович К.А., Мозговой А.Г.* Методика экспериментального исследования плотности жидких легкоплавких металлов в широких интервалах параметров состояния / Методика ГСССД МЭ № 140–08. М.: Стандартинформ, 2008. 35 с.

6. *Груздев В.А.* Экспериментальное исследование теплоемкости и плотности щелочных металлов натрия, калия и теплосодержания и теплоемкости гидрида лития до 1100 °С. Дисс. ... канд. техн. наук. М.: МИФИ, 1962. 144 с.

7. *Роцупкин В.В., Чернов А.И., Мозговой А.Г., Груздев В.А.* Методика дифференциального гидростатического взвешивания для экспериментального исследования термического расширения жидкостей в широком диапазоне температур / Методика ГСССД МЭ 156-2009. М.: Стандартинформ, 2009. 47 с.

8. ГОСТ 8.207–76. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. М.: Изд-во стандартов, 1991. 10 с.

References

1. Issledovanie metallov v zhidkom i tverdom sostojanii. Pod red. A.M. Samarina. M.: Nauka, 1964. 280s.
2. *Crawley A.F.* Densities of Liquid Metals and Alloy // Intern. Metallurgical Rev. 1974. V. 19. No. 3. P. 32–48.
3. *Shpil'rajn Je.Je., Jakimovich K.A., Skovorod'ko S.N., Mozgovoj A.G.* Plotnost' i teplovoe rasshirenie zhidkih shhelochnyh metallov // Obzory po teplofizicheskim svojstvam veshhestv. 1983. № 6. S. 1–92.
4. *Shpilrain E.E., Yakimovich K.A., Fomin V.A. et al.* Density and Thermal Expansion of Liquid Alkali Metals. In: Handbook of Thermodynamic and Transport Properties of Alkali Metals. Ed. R.W. Oshe. Oxford, UK: Blackwell Sci. Publ., 1985. P. 435–469.
5. *Novikov I.I., Roshhupkin V.V., Chernov A.I., Gruzdev V.A.* Ustrojstvo dlja izmerenija temperaturnogo koeficienta ob#emnogo rasshirenija zhidkosti. Avtorskoe svidetel'stvo № 1516923 // Bjulleten' izobretenij. 1989. № 39. S. 204.
6. *Novikov I.I., Shpil'rajn Je.Je., Roshhupkin V.V. i dr.* Metodika differencial'nogo gidrostaticeskogo vzveshivaniya dlja issledovanija teplovogo rasshirenija metallicheskih rasplavov // Perspektivnye materialy. 2002. № 5. S. 75–82.
5. *Jakimovich K.A., Mozgovoj A.G.* Metodika jeksperimental'nogo issledovanija plotnosti zhidkih legkoplavkih metallov v shirokih intervalah parametrov sostojanija / Metodika GSSSD MJe № 140–08. М.: Standartinform, 2008. 35 s.
6. *Gruzdev V.A.* Jeksperimental'noe issledovanie teploemkosti i plotnosti shhelochnyh metallov natrija, kalija i teplosoderzhaniya i teploemkosti gidrida litija do 1100 OS. Diss. ... kand. tehn. nauk. М.: MIFI, 1962. 144 s.

7. Roshhupkin V.V., Chernov A.I., Mozgovoj A.G., Gruzdev V.A. Metodika differencial'nogo gidrostaticheskogo vzveshivaniya dlja jeksperimental'nogo issledovaniya termicheskogo rasshireniya zhidkostej v shirokom diapazone temperatur / Metodika GSSSD MJe 156-2009. M.: Standartinform, 2009. 47 s.

8. GOST 8.207-76. Prjamyje izmereniya s mnogokratnymi nabljudenijami. Metody obrabotki rezul'tatov nabljudenij. M.: Izd-vo standartov, 1991. 10 s.

**Чернов А.І. Рошупкін В.В., Покрасін М.А.
Прецизійний метод дослідження термічного
розширення металів та сплавів**

Наведено опис оригінального методу диференціального гідростатичного зважування для вимірювання термічного розширення рідких металів і сплавів в широкому діапазоні температур. Проведене таріювання створеної на основі цього методу дослідної установки на прикладі калій-цезієвих сплавів у розплавленому стані при високих температурах.

Ключові слова: рідкі метали, щільність, коефіцієнт об'ємного термічного розширення, гідростатичне зважування.

Chernov A. I., Roschupkin V.V., Pokrasin M.A. Precision method for studying the thermal expansion of metals and alloys

The description of the original differential hydrostatic weighing method for measuring the thermal expansion of liquid metals and alloys in a wide temperature range. Conducted calibration created on the basis of this method to the pilot plant example cesium potassium alloy in a molten state at high temperatures.

Keywords: liquid metals, density, thermal coefficient of volumetric expansion, hydrostatic weighing

Чернов А.І. - ст.н.с., Інститут металургії и матеріалознавства ім. А.А. Байкова РАН, г. Москва, Росія

Рошупкін В.В. - проф., д.т.н., Інститут металургії и матеріалознавства ім. А.А. Байкова РАН, г. Москва, Росія

Покрасін М.А. - к.ф.-м.н., Інститут металургії и матеріалознавства ім. А.А. Байкова РАН, г. Москва, Росія

Стаття подана 14.07.2013

УДК 656.613

ЛОГИСТИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ РОССИЙСКОГО УЧАСТКА ЧКАДа (в агломерации Большой Сочи 2014-2030гг.)

Шабарова Э.В

LOGISTICS SERVICE AREA OF RUSSIAN BLACK SEA RING HIGHWAY (in agglomeration of Greater Sochi 2014 2030gg.)

Shabarova E.V

Рассмотрена концепция и трасса Черноморской кольцевой автодороги (ЧКАД), ее значимость для стран Черноморья, включая Россию. Отражены функции российского участка и значимость его на территории агломерации Большой Сочи и Сочи-2014. Даны основные блоки методологии проектирования транспортных коридоров и оценки их эффективности.

Ключевые слова: *интермодальность и интермодальные перевозки, транспортно-транзитный бизнес, транспортный коридор, параметры оценки логистической эффективности – KPI и LPI*

Введение. Наконец-то высшая власть в России утвердилась в мысли, что без модернизации и инновационного развития транспортной инфраструктуры, включая транспортные коридоры, не может быть речи об экономическом и социальном росте страны и улучшения благосостояния населения. Транспортная инфраструктура выступает также как инструмент международной интеграции. Весной 2013г. на совещании в Якутске были впервые озвучены премьером РФ ориентировочные триллионные цифры инвестиций в транспорт, особо выделены мероприятия по Транссибу и БАМу. В ежегодном послании 2013 Президент обратил внимание на транспорт, выделив основные направления реорганизации. В июле с.г. в рабочей беседе с главой ВЭБ было высказано предложение относительно участия банка в инвестировании главных 3 топ-проектов России - модернизация Транссиба и БАМа, высокоскоростная магистраль Москва – Казань - Нижний Новгород - Екатеринбург.

При положительном эффекте политической воли (а в России без нее ничего не делается!) необходимо отметить отсутствие системного

подхода в решении транспортной проблемы страны на всех уровнях – от города и агломерации до регионов и страны в целом. Хотя прямые передачи на каналах РБК и Вести-24 стали более регулярными и достаточно профессиональными, но компетентные специалисты освещают только отдельные вопросы, безадресно ссылаясь на их проработки и не указывая стадии и параметры проектирования.

Практически нетронута для России проблема **интермодальных перевозок (грузовых и пассажирских)**, которые являются базой транспортно-транзитного бизнеса (ТТБ). О мизерной доли России в ТТБ при ее амбициях, географии и геополитических особенностях стыдно даже говорить. Главным логистическим инструментом эффективной организации интермодальных перевозок является **транспортный коридор**. К сожалению, Россия и здесь отстает. Кроме российских участков международных транспортных коридоров (МТК) в Европу и АТР, прежде всего в Китай (поэтому так остро руководством страны поставлен вопрос о Транссибе и БАМе), есть проблемы с сугубо национальными коридорами, с СМП, с российскими участками МТК в южно-европейской части России. Речь идет об участках Черноморской кольцевой автодороги (ЧКАД), которые Россия к 2014г. не сумеет ввести в эксплуатацию для обслуживания Сочи-2014 (во всех разработках Олимпийского Сочи, включая Генплан до 2030г., была доказана их необходимость). А кроме Сочи есть и другие курорты Краснодарского края и Ставрополья, создаваемые сегодня перспективные 5 горно-лыжных курортов в горно-туристическом кластере Северного Кавказа (ЮФО), которые требуют нормального транспортного обслуживания во всех видах сообщения.

1. Немного терминологии

ИНТЕРМОДАЛЬНАЯ ПЕРЕВОЗКА (интермодальные потоки, маршруты) – **интегрированная система доставки грузов и пассажиров в транзитном и международном сообщениях:**

- многими видами транспорта по территории нескольких стран,
- в стандартной грузовой емкости или в стандартном по вместимости и комфортности подвижном пассажирском составе,
- по единому перевозочному или проездному пассажирскому документу,
- по общей сквозной тарифной ставке или проездному билету “от двери до двери”,
- организованная, управляемая, контролируемая одним логистом–оператором на базе ТЛЦ без участия грузовладельца или пассажира и посредников.

Интермодальная перевозка - это не только эксплуатация отдельных видов транспорта в смешанной перевозке, а логистическое сквозное и транспарентное (прозрачное) взаимодействие всех участников процесса и управления ими в конкретном потоке Т и У (товаров и услуг) от производителя до потребителя, по желанию, требованиям и возможностям заказчика.

Максимальный темп роста интермодального транспорта в Европе составил в 2006г.- 22,6%, упал в кризисном 2009г. – до 11,5% (со знаком минус), в посткризисном 2010г. снова вырос до 10,2%. Темпы роста интермодальных контейнерных перевозок в Европе без России (при объеме их 13,01-17,30 млн TEU)) в 2004 - 2010гг. составили в **среднем** – 4,86%, в **национальном сообщении** - 6,42% , в **интермодальном** – 2,39% и в **транзитном** – 8,23%. Доля *интермодального* транспорта в Голландии и Эстонии составляет почти 100%, в Латвии - 89% и Словакии - 88%. Удельный вес транзитных перевозок в 2010г. в Дании составлял 78,1%, в Болгарии - 66,0%, в Венгрии – 39,2%, в Польше – 32,9%. Для сравнения: доля национального транспорта в Ирландии составляет – 100%, в Англии - 98%, в Норвегии – 95%, в Турции – 93%.

В **России** – удельный вес интермодального транспорта в 2002г. составлял порядка 1%, что в 5-6 раз меньше, чем в Голландии, Дании и странах Скандинавии. По данным за 2010г. Россия по величине импорта занимала первое место в мире -11,6% на сумму 21,6млрд дол. из 185,5 млрд дол. (2 место - Германия) и 6-ое место по импорту – 4,1% на сумму 4,6 млрд дол из общей суммы 114,0 млрд дол. (1 место - Германия). Неосвоенный транзитный потенциал только по контейнерным перевозкам составил в 2012г. порядка 15млн TEU, что адекватно потерям в \$15-20млрд . Других цифр по России нет, т.к. никто не занимается подобными исследованиями и

статистикой и, видимо, стыдно еще раз намекать на российскую нерадивость.

Современное развитие интермодальности и международного транзита в условиях глобализации мировой экономики выставило новые требования к их организации, экономике и управлению на базе предоставления различных условий благоприятности, что возможно в первую очередь в транспортных коридорах.

ТРАНСПОРТНЫЙ КОРИДОР (интермодальный, международный, мультимодальный, национальный, региональный) - это:

- **интеграционная совокупность** современных объектов транспортно-логистической инфраструктуры для своевременной доставки грузов и пассажиров в конечный пункт на основных направлениях стабильно мощных и протяженных по длине потоков;

- **инновационная технология (Hi-Tech)** организации, обслуживания и управления интермодальными потоками с созданием нового прибавочного продукта;

- **способ реализации требований потребителя** к перевозке товаров и пассажиров на базе логистики в условиях благоприятствования пропуска потоков.

Индикатором эффективности функционирования МТК (в проектах и реалиях) должен стать параметр **KPI (Key Perfomance Indicator)**.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ТРАНСПОРТНЫЙ КОРИДОР (по определению Досенко В.А., МАТ, 2009г./ 2013г.) – совокупность установленных Сторонами магистральных транспортных коммуникаций различных видов транспорта (за исключением воздушного) как имеющихся, так и вновь создаваемых, с соответствующим обустройством, обеспечивающих перевозки пассажиров и грузов на направлениях, связывающих территории государств – участников СНГ; **подсистемы обеспечения МТК** – нормативно-правовая, ресурсная и информационно-логистическая сферы деятельности компетентных органов Сторон и органов отраслевого сотрудничества СНГ по обеспечению согласованного развития МТК. Кроме того, термин МТК включает в себя развернутые понятия – гармонизация подсистем обеспечения МТК, подсистема нормативно-правового, ресурсного и информационно – логистического обеспечения, а также компетентные органы Сторон.

ЛОГИСТИКА, ЛОГИСТИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ – это:

- **технология формирования** (инновационная, интегрированная, сквозная, прозрачная) грузовых и пассажирских потоков и управления ими «от двери до двери» и «точно в

срок», с минимальными затратами и по желанию потребителя транспортных услуг;

- **способ трансформации** комплексной транспортной системы (КТС), где каждый работает «сам по себе» и на свой результат в интегрированную транспортно-логистическую систему (ТЛС или ТЛК), где все работают «сообща» на единый конечный результат.

Индикатором эффективности логистики в целом и МТК должен стать параметр **LPI (Logistics Performance Index)**.

ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР (ТЛЦ) – рабочий инструмент реализации логистических принципов организации и функционирования транспортных коридоров и систем на различных иерархических уровнях, выполняющий более 40 технологических операций.

ЛОГИСТ-ОПЕРАТОР (компания или специалист) – **компетентный архитектор конкретного маршрута доставки ТпУ потребителю**, предлагающей заказчику несколько вариантов для выбора оптимального и заменяющий собой деятельность многочисленных посредников при реализации выбранного способа доставки.

Россия реально отстает в реализации программ МТК – европейских и евразийских, а также национальных. **Почему так «безразлична» Россия к различным программам МТК - при своих потенциальных возможностях и амбициях к транспортно-транзитному бизнесу (ТТБ)?** Ответ - недопонимание и некомпетентность чиновников и менеджеров, отсутствие методологии, недостаток проектировщиков – специалистов, безответственность за качество проекта и его реализацию и др., а для России – отсутствие политической воли на всех уровнях. Кроме того, на старте много потеряно времени и денег (а догонять всегда сложнее), много «дырок» в транспортном комплексе, которые сразу не заделать. Здесь нелишне подчеркнуть, что **интермодальный транспортно-транзитный бизнес** в России с использованием коридоров мог бы стать наравне с экспортом углеводов в условиях глобализации одним из основных и высоко технологичных наполнителей госбюджета страны.

2. Значимость, задачи и предпосылки МТК в Евразии и России

Значимость базовых (с 1994г.), но **диверсифицированных** сегодня критских коридоров усилилась повсеместно с ростом интермодальных грузовых перевозок на всех видах транспорта в Европе, Азии и на других континентах. Первоначально **критские МТК в конце 90-х** ставили простую задачу **реализации грузовых потоков на стыке «Европа-Россия» с**

максимальным использованием существующих национальных сетей транспорта при наличии рисков и множества таможенно-пограничных переходов. **Евразийские МТК в конце 2010-х** для повышения эффективности ставят задачу **системной трансформации коридорной сети** в «чистую» и «зеленую» на базе интер/и мультимодальности потоков и логистики, санации старых и строительства новых участков и объектов инфраструктуры, имплементирования новых технологий Hi-Tech и инноваций. Основные задачи современных МТК:

- логистическая оптимизация транспортно-экономических связей и маршрутов;
- снижение расходов времени и ресурсов на сами перевозки (грузовые и **пассажирские**) и их таможенно-пограничное обслуживание;
- обеспечение доступности и простоты использования МТК за счет инновационного развития новых участков и инфраструктурных объектов (инженерно-технических и социально-экологических);
- обеспечение надежности функционирования МТК за счет организации локального ТЛЦ управления потоками с современным инфо-блоком и логистом-оператором;
- внедрение «зеленых» технологий эксплуатации. Из множества бытующих на практике в Европе технологий выделено порядка 140 адекватных технологий, которые продифференцированы по 8 категориям. Отобранные технологии имеют порядка 200 апробированных применений. Для конкретного проекта **SupperGreenProject** число щадящих технологий в статусе «зеленых» сократилось до 50;
- уменьшение негативного влияния транспорта на окружающую среду и население, проживающее в зоне прохождения трасс МТК. **Экологический фактор** приобретает особую значимость при организации грузового и пассажирского движения в коридорах. Он является одним из главных параметров выбора трассы коридоров.

Для России сегодня актуальны следующие первостепенные задачи, выступающие как предварительная база для разработки программ российских МТК:

1 этап (сегодня) - стабилизация работы транспортного комплекса (ТК) и снижение транспортных издержек (доля от ВВП - в Сибири и на Дальнем Востоке (ДВ-20%), на Севере-60%, в среднем -9%);

2 этап (до 2020г.) - ускоренное развитие ТК на ДВ в Приморье для вовлечения России в мирохозяйственные процессы в АТР. Первоочередные мероприятия:

- модернизация портов и перегрузочных устройств;
- обновление транспортного, обслуживающего и пассажирского флота;
- завершение формирования опорной железнодорожной сети для привлечения международного транзитного потока;
- развитие международных пограничных переходов.

Первоочередные задачи, поставленные Минтрансом РФ:

1 – «выяснение величины спроса на транспортно-транзитные услуги у международного транспортного окружения» (что, естественно, запоздало),

2 - разработка концепций комплексного развития МТК на территории России.

Но и этот перечень узок для доведения российской транспортной инфраструктуры до европейского стандартного уровня.

Для выполнения поставленных задач целесообразно решить следующие проблемы реализации потенциала российской интермодальности и транспортно-транзитного бизнеса:

1 – изменить отношение внутри страны к транзиту вообще, к единым требованиям к инфраструктуре и услугам МТК (неосвоенный контейнерный ТТБ–15 млн TEU, \$15-20 млрд., а скорость доставки транзитных грузов в 2-3 раза ниже, чем в странах Европы и США);

2 – улучшить внутри страны и за рубежом инвестиционную привлекательность транспортных проектов РФ (география, климат, льготы, снижение рисков, гарантии и др.);

3 - определить величину спроса на услуги международного транзита и интер- и мультимодальных перевозок и разработать новые способы их удовлетворения;

4 - завершить оптимизацию трансграничных услуг и унификацию перевозочных документов – ЭДП (для сравнения: в Японии очистка таможенного терминала - до 3 час., в 80% случаях процедура проверки документов сократилась до 2-3 мин., а в России только с 29.06.2011г. стал внедряться принцип «одного окна» - одного из элементов контроля);

5 – обеспечить реальное логистическое обслуживание транспортно- коридорной системы на европейском уровне, максимально используя потенциал развития логистики.

К основным объективным моментам транспортно-логистического потенциала России без анализа качественного состояния его составляющих нужно отнести:

- пространственное расположение «от моря до моря через 3 мировых экономических центра в Западной Европе, Восточной и Юго-Восточной Азии и Северной Америке»;

- наличие межконтинентальной железной дороги с Транссибом протяженностью 9298км, обеспечивающей прямую доставку грузов из Европы в страны АТР;

- наличие автодорожной сети, обеспечивающей прямую доставку грузов из Европы в Сибирь и на Дальний Восток (от Лиссабона до Владивостока);

- Северный морской путь (СМП), который сокращает время доставки грузов с Востока на Запад по сравнению с южным традиционным маршрутом до 15 – 20 - 25 суток с 8 (в мире 10) ледоколами (запроектированными и сделанными в РФ);

- Сравнительно развитая система судоходных каналов.

К причинам отставания развития логистики в России, кроме ее огромной и зачастую неуправляемой территорией, относятся:

1 – недостаточность усилий государства и бизнеса, структуры которых часто ориентированы на самофункционирование всех цепей поставок «от и до»;

2 – завышенные требования бизнеса к государству и невнимание (нежелание, некомпетентность и неумение) к организации безопасных и эффективных транспортно-технологических схем (ТТС) с инновационными решениями;

3 – организация половины перевозок на *принципах натурального хозяйства* самими грузовладельцами и второй половины – физическими лицами – хозяевами автомобилей, работающими «на выживание»;

4 – слабая подготовка, далекая от практики, специалистов в вузах.

К предпосылкам формирования интермодальных МТК в России относятся: рост товаро– и грузооборота, а также рост транспортных издержек, международный транспортно-транзитный бизнес, рост и плотность всех видов движения, высокая аварийность на транспортной сети, пробки и транспортный коллапс в крупных городах, дефицит земли для развития транспортной инфраструктуры, нарушение экологического состояния окружающей среды и ухудшение здоровья населения.

Первоочередными для России являются проходящие по ее территории евразийские МТК в АТР. Здесь надо помнить, что в Центральной Азии достаточное количество конкурентов. Предпосылки формирования коридоров в восточных регионах России для связи со странами АТЭС обусловлены следующими факторами: 40% населения всего мира, более 57% мирового ВВП, 48% объема мировой торговли и нахождение самого мощного экспортера и импортера самой многочисленной страны мира – Китая с его высокими темпами экономического роста и

значительными финансовыми ресурсами. Указанные предпосылки МТК должны учитывать основные моменты государственной программы Российской Федерации «Развитие транспортной системы», принятой Правительством РФ (23 ноября 2012 года), и акцептированной 28.03.2011г. Стратегии развития транспорта в Европе (**White Paper**). Положения Евростратегии обуславливают постепенный перевод грузовых и пассажирских основных перевозок (по мощности и направлению) в интегрированную транспортно-коридорную систему (в автодорожной, железнодорожной и мультимодальной версиях). К основным моментам Стратегии для потенциала России по теме публикации относятся:

- преобладающее развитие интермодальных и мультимодальных перевозок;
- снижение пробок (простой грузов и пассажиров - 4,2млрд. часов в год, потери 87,2 млрд. долл), в т.ч. за счет глобальной навигационной системы Galileo, GSM, ГЛОНАСС;
- снижение доли в 2 раза к 2030г. использования личного автотранспорта в городах и полный отказ от них к 2050г.;
- перевод 30% автомобильного грузового движения к 2030г. на другие виды транспорта (железнодорожный, водный), к 2050г. – более 50%;
- увеличение протяженности скоростных железных дорог к 2030г. в 3 раза, к 2050г. - создание европейской системы ВСЖД;
- обеспечение прямой авто- и железнодорожной связью морских портов и терминалов, аэропортов, в т.ч. в узловых пунктах МТК;
- создание инфраструктуры по объему спроса, предоставлению и оплате транспортных услуг, в первую очередь, в МТК;
- соблюдение экологии - сегодня сжигается впусую 8,1 млн т топлива -22% всех выбросов углекислого газа.

Начиная с 2005г. появился ряд проектов и программ содействия Европейской логистике грузовых, а теперь и **пассажирских** перевозок на базе коридорной системы. Из последних предложений, реализуемых сегодня, актуальны для России:

- 7- рамочная Программа Еврокомиссии **e-FREIGHT EK (DG-TREN)**;
- **Rail Balnica Growth Corridor (RBGC)**;
- **SupperGreenProject (Corridors)** - в составе 9 «зеленых» локальных коридоров включал 2 важных для России - восточная ветвь **Edelweiss (HelGen)** - Хельсинки – Лапперанта - Санкт-Петербург - Москва и далее на Восток и **Nureyev (RotMos)** - Роттердам – страны Центральной Европы – Москва. Заключительное рассмотрение было 12.01.2013г. в Гётеборге;

- **Black Sea Ring Highway (BSRH)** или **ЧКАД** (Черноморская кольцевая автодорога).

Если проект **SupperGreenCorridors** не вызвал в свое время должного интереса России и участия в разработке его, то **ЧКАД** – его интермодальный участок от Сочи (от границы с Абхазией) через Туапсе, Новороссийск, Анапу до Керченского пролива или через Ростов-на-Дону до украинского Таганрога должен был стать еще в 2006г. предметом разработки соответствующих проектов и реальных действий, поскольку затрагивал интересы будущего центра Олимпийских игр. Важно чтобы проект российского участка **ЧКАДа** по времени исполнения шел бы в опережении (или параллельно) всех работ по Сочи-2014. Но не случилось. Однако курорт Сочи не заканчивается в 2014г. – ему нужна сильная подводящая транспортная инфраструктура с дополнительной функцией дублирования для форс-мажора. Поэтому цель статьи – привлечь внимание к проблеме российского **ЧКАДа**, **ПОКА НЕ ПОЗДНО**.

Как показал российский опыт проектирования и реализации Олимпийского Сочи и АТЭСа во Владивостоке, Пулково-III и скоростной автомагистрали Санкт-Петербург – Москва и др. российских топ-программ в момент наступления истины - строительства, когда появляются инвесторы с финансами, оказывается, что **НЕТ ГОТОВЫХ ПРОЕКТОВ**. Причины:

1 - сегодня нет в России институции, координирующей системное проектирование транспортной инфраструктуры в целом и этапности реализации проектов. Официальные обращения в правительственные и ведомственные органы – безрезультатны и даже безответны. Поэтому цель публикаций и конференций – способ обращения внимания на острые темы. Эта последняя соломинка специалистов, которой пренебрегают и не используют;

2 – в России нет методологии обоснования необходимости проектирования и параметров не только коридоров, но и других макрообъектов транспортной инфраструктуры на базе серьезных расчетно-прогностических моделей и методик (автор в этом убедился, проектируя все концептуальные схемы транспорта Сочи-2014 и Сочи-2030 – помог многолетний практический опыт). Поэтому в конце статьи затрагиваются основные моменты методологии **инновационного проектирования МТК**, требующие дальнейшей разработки и официального утверждения в качестве госстандарта.

3. Проект Черноморской кольцевой автодороги (ЧКАДа)

Идея **ЧКАДа** возникла еще в 1992г. в рамках формирования **ОЧЭС**, с населением более 400млн чел. и с годовым оборотом внешней

торговли более 1трл долл., с автомобильным потенциалом более 150 тыс. грузовиков. 25% всех авторейсов совершаются внутри **ОЧЭС**, 53% - в страны ЕС и порядка 22% - в другие регионы. С 2005г. по предложению России идея **ЧКАДа** стала принимать реальное воплощение – предварительный проект подготовлен Россией в конце 2006 г. и предложен странам-участницам. К основным заинтересованным организаторам реализации черноморско-азовских транспортных связей и формирования новой региональной транспортной политики в Черноморье относятся BSEC, BSEC PERMIS, BASPA (Международной ассоциации портов Черного и Азовского морей) и SETREF. Стратегическая цель их - евроинтеграция в системе главных транспортных осей Евросоюза. Причем разработкой транчерноморских магистралей (наземных и водных) должна сочетаться со среднеземноморским, балтийским и скандинавским опытом (по предложению России в 2011г.).

В 2007г. в Стамбуле был принят **Меморандум**. В Меморандуме предусмотрен **Фонд содействия** проекту (при отсутствии единого бюджета) для технической и финансовой поддержки за счет государственных и частных средств стран-участниц, фондов ЕС и займов международных финансовых институтов. Меморандум акцептировал единые требования стран - участниц к строительству автодороги (по экологии, безопасности, скоростному режиму, удобству использования всеми участниками, по экономическому результату). По Программе **ЧКАДа** каждая страна проектирует и строит свой участок исходя из своих потребностей и возможностей (*в зависимости от состояния своих дорог и сети, финансов*), но:

- по единым евростандартам (*утвержденных нет*),
- на базе единой методологии «know-how из одних рук» (*которой нет*),
- на основе соблюдения логистического требования общей ответственности по принципу «одного зонтика» за конечный результат (*который не разработан для практического применения в транспортно-инфраструктурных проектах*).

Но эти требования до сих пор не реализованы, т.к. не разработана методология и методики выполнения подобных проектов. Последнее заседание руководящего комитета **ОЧЭС** по облегчению грузовых автоперевозок было в марте 2012г., но оно не касалось проекта и реализации в целом.

В России закон о ратификации **Меморандума** и проектирования **ЧКАДа** подписан 06.2010, плановое начало процесса подготовки - 12.2010г., окончание – 12.2011г., начало проектирования –2012г., начало

строительства - 2013-2014гг., срок строительства - 4 года (по данным Минтранса – не менее 15-20 лет). Выполнению намеченных планов мог бы способствовать факт председательства России с 2009 по 2011гг. в Специальной рабочей группе по развитию морских магистралей в регионе **ОЧЭС**. Группа в этот период провела 5 заседаний, результаты которых оказались непродуктивными. Проектов по своей территории Россия не разработала, денег не нашла (но выпустила монографию в двух частях на русском и английском языках «Развитие экономического сотрудничества в Черноморском регионе», составлен список 85 инновационных российских технологий, предлагаемых участникам ЧЭС, проведены переговоры по организации авиаперевозок – Ставрополь – Стамбул). Доказательством этого негативного утверждения служит анализ представленных российских материалов на XII выставке-конференции «Интер-транспорт» в Одессе в июне 2013г.

Для сравнения - рабочая группа Украины, председательствующей сегодня в **ОЧЭС**, по участку дороги Рени - Баку начала свою работу 28.11.12, выполнила задачи проектирования и строительства Трансднепровской магистрали Одесса-Николаев-Херсон с выходом к Ростову-на-Дону и представила свой проект на конференции «Интер-транспорт» в Одессе в июне 2013г. Украина как председатель в январе 2013г. назвала основные задачи, выделив 3 наиболее важных и первоочередных по времени реализации:

- 1 – дальнейшая ликвидация барьеров и активизация региональной зоны для развития взаимной торговли на основе требований ВТО;
- 2 – освоение Меморандума по созданию и организации автоперевозок по **ЧКАДу** и развитие системы транчерноморских морских магистралей;
- 3 – упорядочение многосторонних документов в зоне **ОЧЭС**, а также развитие евроазиатских транспортных коммуникаций на базе решений комиссий UN ECE и UN ESCAP. Задача особенно актуальна в связи с ростом экономики Китая.

ЧКАД пройдет по всему периметру побережья Черного моря протяженностью 7140 км, по территории 12 стран региона **ОЧЭС** (25 городов); к проекту проявили интерес еще 13 стран-наблюдателей. Идея проекта **ЧКАДа** предусматривает связь трассы с портами, городами, курортами, транспортными терминалами, аэропортами и другими важными объектами инфраструктуры. **Основной маршрут трассы** – Стамбул-Самсун-Трабзун-Батуми-Поти-Новороссийск – Ростов-на-Дону-Таганрог-Мариуполь-Мелитополь-Одесса-Кишинев-Бухарест-Хасково-Эдирне-Стамбул (рис.1).

Техническая характеристика – прохождение трассы в стороне от населенных

пунктов, 4 полосы движения с асфальтобетонным покрытием, скорость 150 км/час, пересечения в разных уровнях, стандартная нагрузка -11,5 т; стоимость строительства – по разным оценкам от \$19млрд до \$28млрд.

Главные ответвления (6) от основной трассы: 1- Бухарест-Констанца (Румыния), 2 – Александруполис (Греция)-Едирне (Турция), 3 - Поти-Тбилиси (Грузия)-Баку (Азербайджан), 4 – Хопа-Артвин (Турция)-Вале-Ахалсиче-Кхашури (Грузия), 5 – Ахалсиче (Грузия)-Гюмри-Ереван-Раздан (Армения)-Тбилиси (Грузия), 6 - Гюмри-Ваназдор (Армения)-Тбилиси (Грузия).

Проектируемая трасса **ЧКАДа** предусматривает ответвления от кольцевого коридора к портам (в Бургас и Варну, из Констанцы на Одессу параллельно трассе Кишинев - Поти - Батуми и др.) для обеспечения связи с основными транспортными узлами черноморских стран. Проявляет интерес к **ЧКАДу** страны бывшей Югославии, в частности Словения и Сербия, участвующие в формировании 10-го Панъевропейского коридора Зальцбург-Любляна-Загреб-Белград-Салоники-Стамбул. Сербия предполагала затратить до 2015г. (начиная с 2009г.) на автомобильную версию 1,3 млрд евро и на двухпутную железную дорогу со скоростью 160км/час – 3,5 млрд евро. Уже был осуществлен тестовый рейс на Балканах международного контейнерного поезда *Bosfor Europa Express 25*, проехавший расстояние 1577км за 37 часов, что в два раза быстрее обычного поезда.

Все ответвления в тандеме с трансчерноморскими морскими линиями (**Sea MotorWays**) обеспечивают важнейшее направление **интермодальных** торговых перевозок через Черное море, Босфор, Мраморное и Эгейское моря с выходом в Средиземное море. Узким местом этого маршрута является ограниченная возможность пролива Босфор, проходящего в центре многомиллионного города. Поэтому в настоящий момент важнейшей задачей для стран Черноморья стало переключение грузопотоков между странами Черноморского и Балтийского регионов на **интермодальные** линии с использованием скоростных маршрутных железнодорожных поездов. Они, не снимая нагрузку с портов Черноморья, позволяют уменьшить интенсивность движения судов через Босфор. Трасса **ЧКАДа** имеет потенциал развития интермодальных перевозок **Кавказ - Черное море - Балтийское море** с использованием паромов и маршрутных поездов (маршрутный контейнерный поезд «*Викинг*» Одесса-Ильичевск и Клайпеда отметил в 2013г. свой 10 - летний юбилей существования, поезд «*Зубр*» Одесса-Ильичевск и Рига, Одесса-Ильичевск и Таллинн). В перспективе намечается движение маршрутных поездов между болгарскими и румынскими портами и портами

Германии, Голландии и Польши на Балтике и Северном море.

Еще более перспективной функцией проектируемого **ЧКАДа** является обеспечение связи Европы с Азией (прежде всего с Центральной) через **Азовско-Черноморский бассейн**. Здесь необходимо отметить, что перевозки здесь постепенно (но значительно) проигрывают железнодорожным маршрутам через Украину, Белоруссию и Россию. Дополнительную конкуренцию составляют сухопутные маршруты по Стамбульским мостам над Босфором, а в будущем - и по проектируемому туннелю под Босфором.

По прогнозам экономических комиссий ООН для Европы и Западной Азии рост объемов торговли к 2015г. в Черноморье увеличится в 2,5 раза, перспективным направлением развития трассы **ЧКАДа** станет юго-западное **дунайско-черноморско-прикаспийское** (как мини-коридор Европа-Кавказ-Азия) – реальный конкурент “TRASECA”. Улучшаются условия для **интермодальных** автоперевозок (по инициативе BSEC URТА) от Стамбула до восточных границ Турции с выходом через Грузию и Армению к азербайджанскому порту на Каспии – Баку и, огибая Каспийское море с юга, в Центральную Азию. Есть новые предложения (ОЧЭС и BSEC URТА) по организации двух автотранспортных маршрутов между Центральной Европой и странами Центральной Азии: 1 - по украинским и российским магистралям или 2 - севернее, через Белоруссию и Россию. Наличие множественного числа маршрутных вариантов не только рационально распределяет грузопотоки и позволяет увеличить их объем, но и увеличивает конкурентность их, позволяющих по индикатору сравнительной эффективности выбрать наилучший и оптимальный для потребителя. Или закрыть функционирование маломощных и неэффективных маршрутов.

Параллельно разрабатывался проект постоянного автокаравана из **Стамбула** в **Бангкок и Токио** (Японо-Черноморский диалог с 2010г. – проект **GFJ**). Проект явился воплощением идеи создания безопасного и выгодного соединения по азиатским сухопутным магистралям старого Шелкового пути, для коммерческих поставок товаров из Центрального и Западного Китая в Европу и Турцию (инициатива **NELTI**).

Изложенные перспективы ставят перед Руководящей группой **ОЧЭС** и перед Рабочей группой по транспорту задачи разработки Генерального плана развития системы трансчерноморских магистралей (**Sea MotorWays**), в первую очередь для портов северо-западного побережья Черного моря. Не менее важным является развитие интермодальных перевозок по **ЧКАДу** в тандеме с речными

маршрутами по Дунаю между Белоруссией, центральной и северной Украиной и черноморскими портами. В качестве примера можно назвать опыт речных перевозок между Констанцей и портами Роттердам и Антверпен. Реализация предложения станет предметом деятельности формирующейся в 2013г. новой Администрации морских портов Украины с привлечением частных транспортных предприятий.

Для проектируемого ЧКАДа актуальна разработка интегрированного логистического обслуживания внутреннего железнодорожно-паромного кольца и внешних автомобильных дорог по берегу Черного море. Такой тандем обеспечивает: регулярные грузовые и

пассажи́рские перевозки, создает условия совместной программы морского скоростного пассажирского сообщения, обеспечивает обмен информацией между портами и обучение персонала портов и судоходных компаний. Но в первую очередь тандем максимально сократит время задержек транспорта на границах. Использование железнодорожного транспорта в тандеме улучшит экологию побережья Черного моря, представляющего собой курортные зоны. Первоочередными паромно-железнодорожными сообщениями являются маршруты Кавказ-Поти (далее в Армению), Кавказ-Варна, Кавказ-Ильичевск (на очереди Кавказ-Самсун) с паромами, с ростом грузопотока от 2 до 5 млн т (рис.2)



Рис.1. Проектируемая трасса ЧКАДа

Проект ЧКАДа, идеи и цели которого полностью соответствуют Европейской Стратегии развития транспорта на 2020, 2030, 2050гг. (так наз. **White paper** от 28.03.11) должен:

- решить проблему таможенно-пограничного обслуживания (ежегодные потери ОЧЭС на пограничных переходах - €225 млн);
- снизить автотранспортную нагрузку на улично-дорожную и магистральную сеть, исключить транзит и пробки в городах, предотвратить в них транспортный коллапс;
- обеспечить связь трассы с портами, городами, курортами, терминалами, аэропортами и другими объектами транспортной

инфраструктуры для регулярных грузовых и пассажирских перевозок;

- предусмотреть разработку интегрированного логистического обслуживания внутреннего водного паромного кольца и внешних автодорог побережья.

Таким образом, с одной стороны - реализация проекта снизит текущую нагрузку на дорожную сеть и автомобильный транспорт в странах и городах ЧЭС, исключит транзит и пробки в центрах городов, улучшит экологию, уменьшит простои транспорта на границах за счет решения проблем виз и технического обустройства. С другой стороны - созданная развитая инфраструктура ЧКАДа станет

катализатором перспективного развития производства и торговли, туризма и культурных связей между странами, способом социально-экономической интеграции стран Черноморья. **ЧКАД** может стать эффективным инструментом развития интегрированной транспортно-

логистической инфраструктуры в юго-восточном регионе Европы, стимулируя новые формы логистического взаимодействия и сотрудничества, в т.ч. финансового на базе Черноморского банка торговли развития, Делового совета ОЧЭС и ЕБРР, госбюджетов стран и ГЧП.



Рис.2. Схема паромных маршрутов на Черном море

Состояние проекта ЧКАДа на сегодня (2013г.):

- неполная ратификация Меморандума странами и отсутствие координатора проекта;
- «лоскутная» реализация отдельных участков неразработанного в целом проекта;
- отсутствие акцептированной методологии инновационного проектирования МТК в целом, конкретных участков и их логистического обслуживания.

Современное состояние трассы будущего кольца ЧКАД можно охарактеризовать цитатой «нет хороших дорог ни у кого, если рассматривать участки вокруг Черного моря», отсутствует современная паромная портовая инфраструктура, неразвиты припортовые железнодорожные станции. Существующие линии *железнодорожно-паромных* и *контейнерных сообщений* требуют инновационной санации и интермодальной модернизации объектов транспортной инфраструктуры. Сегодня некоторые фирмы и компании, порты и транспортные операторы Черноморского региона (например, **VASPA**) сконцентрировали свою деятельность на текущих вопросах, например, по внедрению и обустройству морской грузовой системы «**Sea Motor Ways**». Им не до проекта в целом, что может негативно сказаться в будущем.

Реализации проекта ЧКАДа помешал кризис 2008-2010гг. и ряд организационных барьеров (по данным АМАП), препятствующих развитию грузовых автоперевозок на трассе. Тем не менее, продолжается работа по созданию ЧКАДа, но только для грузового движения: был отправлен экспериментальный автокараван по маршруту автокольца (12 грузовиков, по одному от каждой страны) с целью пропаганды создания автокольца, показа перспективности и выгоды его для всех стран Черноморского бассейна. По последней информации: в марте 2012г. в г. Белграде приняты документы по облегчению грузовых автоперевозок, тарификации дорожных сборов и утверждены меры по внедрению международного сертификата взвешивания транспортных средств. Сегодня ближе всего к пуску ЧКАДа в эксплуатацию готова Греция (осталось 33км на автомагистрали А29), Турция, Румыния (А5). Больше всего работ необходимо провести в Албании, Грузии и Армении.

10 лет истории создания ЧКАДа **изменили акценты в проекте**: его роль для грузового движения стала объективно менее важной и экономически эффективной, чем для пассажирского. Это объясняется тем, что большинство участков трассы проходит по гористой местности, трудной и непригодной для дальних поездок большегрузного автотранспорта - тяжеловесных фур, а также ростом интер- и мультимодальности перевозок и ренессанса железных дорог в южной Европе, взявших на себя значительную часть грузопотока. Кроме того, грузовые перевозки Турции, Болгарии, Греции на восток осуществляются почти на 100% через российские морские порты Приазовья и Черноморья – Новороссийск и Туапсе.

Учитывая рост здорового образа жизни и туризма, прежде всего морского, в тандеме с другими видами транспорта проект ЧКАДа стал более актуальным для организации **интермодальных пассажирских туристических перевозок** «от двери до двери», включая внутригородское обслуживание туристов в пунктах назначения в туркомплекте. Такой подход не только увеличит доступность трассы и приток на нее новых

пассажирам и туристам, но и сократит утомительное и накладное время пересадок и ожидания транспорта в городах и транспортных узлах передвижения, увеличит комфортность поездки и сократит денежные расходы. Но первоначально в постсоветском Черноморье необходимо восстановление линий прибрежного плавания в Одессе, Ялте и Сочи с соответствующей инфраструктурой, причалами и скоростными судами на подводных крыльях. В перспективе предусматривается развитие трансчерноморских интермодальных линий и океанского круизного флота с заходами в главные порты 12 стран ЧКАДа. Именно такое направление развития пассажирской логистики оптимально для юга России, в первую очередь для агломерации Большой Сочи, где по Генплану намечено строительство 15 новых портопунктов.

4. Российский участок Черноморского автокольца

База российского участка будущей автомагистрали ЧКАДа была заложена в далекие 1887-1910гг., с модернизацией ее в 1946-1950гг. Далее – почти забвение.

В России участок ЧКАДа проходит от границы с Украиной через Таганрог до Ростова-на-Дону по федеральной трассе М23 (114км), далее по М4 «Дон» и М29 «Кавказ» до села Павловская и далее – одна ветвь на Беслан (далее в Грузию и Азербайджан) или вторая ветвь на Анапу-Новороссийск-Геленджик-Джубгу-Туапсе-Лазаревское-Сочи-Адлер-Веселое) до границы с Абхазией. От Ростова-на-Дону предусмотрено третье ответвление на Волгоград-Астрахань (рис.3).

В трассировании российского участка ЧКАДа есть реальный и более оптимальный южный вариант от украинского порта Керчь до российского порта «Кавказ» в Керченском проливе и далее по берегу на Анапу. Но для этого нужно построить автомобильно-железнодорожный мост Керчь - порт Кавказ. Протокол подписан в 2010г. со сроком ввода в строй в 2014г., стоимость строительства по проекту российского «Спецфондаментстроя» в сложных геологических условиях порядка 1 млрд дол. Протяженность моста 5км, ширина 22м (4 полосы с тротуарами, в центре между автомобильными полосами располагается двухпутное железнодорожное полотно), высота моста – около 60м над уровнем моря, длина опорных свай 40-50м. Мост, являясь кратчайшим транспортным плечом из Европы на Кавказ и далее в прилегающие страны – Турцию, Иран и Ирак, обеспечит перевозку более 10млн чел. и более 10млн т груза в год. Он сократит расстояние от западной границы Украины до Кавказа на 1,5 тыс.км.



Рис. 3. Схема ответвлений российского участка ЧКАДа

Здесь необходимо отметить проблемы прилегающих к ЧКАДу российских участков и портов, требующих определенных работ по реконструкции и строительству. Например, порт Тамань. Сегодня порт имеет естественные глубоководные подходы и более благоприятные погодные условия в сравнении с портом Новороссийск. Здесь практически нет природно-географических проблем, как в Новороссийске, при организации сухопутных (авто- и железнодорожных) подъездов. Модернизация порта в перспективе позволит переключить значительную часть грузопотоков – российских и казахских из других портов Черноморско-Азовского региона. Но это потребует соответствующих реконструктивных работ и по ЧКАДу, на российском участке которого порт Тамань даже не указан.

Протяженность российской трассы - 350-360км. Предполагалось трассу проложить на удалении 5 км от береговой линии. Сейчас от Джубги до центра г. Сочи (170км) порядка - 4 -5

часов на автомобиле по серпантинам автодорог. После дорогостоящей трансформации существующей автодороги в ЧКАД время может сократиться в 2-4 раза. Но точных цифр нет, т.к. нет самого проекта. Цифры по стоимости тоже недостоверны: только этот 4 -полосный участок с 40 эстакадами по расчету местных властей будет стоить более 500 млрд руб, что явно противоречит заложенному объему суммарных затрат из федерального бюджета на строительство в 300 млрд руб. на весь российский участок. Ошибочны не только суммы, но и предлагаемый способ финансирования - в рамках ФЦП. Без механизма ГЧП и банковского кредитного финансирования, а в условиях нежелания частных инвесторов тратиться на долгие проекты, здесь не обойтись. Последняя встреча (июль 2013г.) Президента с главой ВЭБ открыла еще один способ вложения долгосрочных банковских инвестиций в развитие транспортной инфраструктуры России на макроуровне, включая инвестирование на разработку

мегапроектів, но пока нет подобных предложений.

Российский участок Черноморского автокольца должен быть *в первую очередь* предназначен для целевых пассажирских сообщений – интермодальных и национальных. Горный и спортивный туризм, отдых на берегу моря и курортное лечение, а также транспортно-транзитный и торгово-деловой бизнес всех стран – участники проекта повысит мобильность населения с культурно-бытовыми и деловыми, лечебно-оздоровительными и спортивно-туристическими целями. Реализация повышенной мобильности постоянного и временного населения должна происходить с минимальным экологическим ущербом – изъятием с/х земель, сокращением территорий заповедников для эстакад и обслуживающих инженерных устройств, уничтожением рациональной планировочно-градостроительной структуры исторических курортов. Главной парадигмой проекта должно стать сохранение природной среды в национальном Кавказском и Сочинском заповедниках – живая земля и зелень, живая вода и небо, живые горы. Поэтому так важен этап проектирования, который сначала на бумаге обеспечит выполнение всех требований к ЧКАДу, в т.ч. на основе приемов социально-экономических компромиссов, и обоснует конкретный выбор оптимальной трассы.

Ожидания России на юге страны связаны с соединением национальных курортов российского Черноморского побережья с курортами Украины и Болгарии. Для реализации ожиданий такой интеграции курортов требуется прямая скоростная, комфортная и постоянно действующая, независимо от природно-климатических условий, транспортная связь на интер-региональном – черноморском уровне – в виде ЧКАДа. Это еще один мегафактор в пользу автокольца.

Состояние проекта российского участка ЧКАДа на сегодня (2013г.):

В октябре 2011г. в г. Москва была акцептирована **инициатива по развитию паромных сообщений** в Черноморье. Реализация инициативы на базе соответствующего проекта позволит: сократить число перегрузок и время хранения грузов в портах, смягчить инфраструктурные и политические проблемы в Черноморском регионе, разгрузить автомобильные маршруты и пункты пересечения границ, содействовать решению проблем труда и отдыха водителей, расширить транспортные возможности перевозок пассажиров и грузов в рамках подготовки и проведения Зимней Олимпиады 2014, содействовать развитию спортивно-туристической инфраструктуры Кавказского региона.

В марте 2013г. состоялось организационное заседание Координационного комитета транспортных коридоров (ККТК) стран СНГ в Минтрансе РФ, на котором был принят **«План по реализации Соглашения о согласованном развитии МТК, проходящих по территории на период 2013-2015гг.»** Функции секретариата ККТК возложены на Отдел развития транспортных коридоров и логистики Департамента программ развития. Намечено 10 основных направлений развития – сеть, транспортная инфраструктура и ее параметры, нормативно-правовая база, тарифная политика, СП по перевозке грузов и пассажиров, безопасность на транспорте, ЛЦ и схема размещения, сотрудничество по транспортным коридорам СНГ (наука, техника и кадры), договоры и документы. И, как всегда, ни одной конкретной цифры для открытой публикации и для дискуссии специалистов.

4.1. Основные функции российского участка ЧКАДа на макроуровне

Российский участок ЧКАДа должен консолидировать свои функции и задачи:

- как реальная возможность вхождения транспортной сети юга России в европейскую систему **МТК-ТЕН-Tr** за счет ответвлений: *первое* – от Новороссийска на Анапу и Керчь, до Краснодара и далее на Ростов-на-Дону и *второе* – от Ростова-на-Дону до Волгограда и Астрахани, далее по побережью Каспия до Махачкалы и Азербайджана. Узловой пункт Ростов-на-Дону имеет непосредственную связь с критскими коридорами **МТК №3, 4** и **7**, а также **МТК «Север-Юг»**. Второе ответвление до Астрахани может иметь продолжение на север до Самары, в окрестностях которой расположено множество НПЗ. По водному пути из Самары до Ростова-на-Дону и далее в порт «Кавказ» ежегодно перевозится 4 - 5 млн т нефтепродуктов (провозная способность до 10 млн т) при стоимости перевозки на 15-20% дешевле, чем по железной дороге и при рентабельности водных перевозок порядка 5-7% ;

- как самодостаточный интермодальный коридор (**мега-регулятор**) с многочисленными функциями логистики и транспортно-транзитного бизнеса, обеспечивающий параллельно облегчение работы федеральных магистралей **М4, М23, М27 и А-148 и А-301**;

- как главная широтная магистраль автодорожного комплекса юга России и как дублер **Е-40** (от порта Кале на Ла-Манше через Центральную Азию до Усть-Каменогорска на Урале, 8тыс.км);

- как многофункциональная ось градостроительного назначения для юга Краснодарского края и агломерации Большого Сочи, создающая транспортную доступность и

условия для создания новой формы «коридорного расселения» от 150 до 200 тыс. чел. на потенциальных территориях в первой нагорной зоне (Тенгинка, Ново-Михайловка, Некрасовский, Лермонтовский и др.) и для размещения новых социально-экономических и спортивно-зрелищных объектов и парков в курортной агломерации в перспективе;

- как альтернатива в форс-мажорных обстоятельствах всем формам сообщений и существующим транспортным тандемам (паромно-железнодорожному) и другим отдельным видам магистрального транспорта российского Черноморья;

- как способ оздоровления окружающей среды и создания условий комфортного проживания на всем российском побережье для местного населения и прибывающих рекреантов (отдыхающих и спортсменов) в чистой экологической среде за счет сосредоточения большей части автотранспорта в одном месте и отдаленно от мест проживания. Главным нарушителем экологического равновесия является автотранспорт (до 80-90%) и инженерные сооружения в разных уровнях.

Особое значение российский участок **ЧКАДа** имеет в границах агломерации Большой Сочи (от пос. **Джубга** до пос. **Веселое**) для кардинального и нетрадиционного решения транспортно-экологической проблемы г.Сочи и Олимпийского центра (не только в период *Игр*, но и позже, в *послеолитийский период*), повышения привлекательности и имиджа горно-лыжного курорта и заповедников, привлечения иностранных и своих туристов, спортсменов и просто отдыхающих, а также для деловых людей и правительственных элит стран для встреч за круглым столом (рис.4). Здесь можно выделить чисто транспортные функции:

- обеспечение прямого скоростного сообщения населенных пунктов Южного Кавказа в новый аэровокзальный комплекс Сочи в Адлере;

- участие в обеспечении скоростной связи с 5 новыми курортами горно-лыжного кластера в республиках и областях ЮФО.

Пояснение по материалам СМИ. 18.07.2013г. сдана в эксплуатацию автомобильная развязка на магистрали А-148/А-149, идущей в Красную Поляну и пересекающей российский участок ЧКАДа. Двухуровневая автомобильная развязка на федеральной автомобильной дороге Адлер – Красная Поляна обеспечит комфортное сообщение между аэровокзальным комплексом города Сочи, поселком Красная Поляна и Адлером. Система разделения потоков автомобилей по разным уровням и направлениям позволяет ликвидировать главные предпосылки для возникновения пробок. Новая развязка отвечает не только высоким

требованиям, сложившимся в мировой практике дорожного строительства, но и современным экологическим стандартам. Автомобильная развязка «Аэропорт» на трассе Адлер – Красная Поляна обеспечивает заезды и выезды из международного аэровокзального комплекса, построенного к Олимпиаде–2014, устраняет их пересечение в одном уровне с трассой. Федеральная дорога А–149 Адлер – Красная Поляна является основной магистралью Олимпиады–2014 и с помощью новой развязки соединяется с другой трассой А–147 (М–27) Джубга – Сочи. С учетом многократного увеличения транспортного потока в дни спортивных состязаний развязка «Аэропорт» позволит предотвратить образование заторов. Расчетная скорость движения составляет 70 км/ч, протяженность участка – 2,6 км, количество полос – от 2 до 4, ширина полосы – 3,5 м, вид покрытия – асфальтобетон. Развязка «Аэропорт» включает два путепровода, наземный крытый пешеходный переход, 4 автобусные остановки. В ходе строительства были выполнены работы по установке наружного освещения (установлены 157 опор освещения и проложены свыше 4000 м кабельных линий), шумозащитных экранов, устройству локальных очистных сооружений (5 шт.), противооползневых сооружений (подпорные стены общей длиной свыше 130 п. м) и др.

4.2. Городские функции российского участка ЧКАДа в г. Сочи на микроуровне

Наиболее важным звеном российского участка **ЧКАДа** является перегон в Центральном районе г. Сочи, где объемы транспорта возрастают намного быстрее, чем город успевает наладить инфраструктуру. Участок создает условия не только для решения транспортной проблемы города-курорта Сочи и спасения его от транспортного коллапса, но и для формирования интегрированной транспортно-логистической системы (ТЛС) с главным видом – мощным и скоростным рельсовым транспортом на базе 5 инновационных модификаций железной дороги. Тандем ТЛС с интермодальным транспортным коридором – участком **ЧКАДа** будет способствовать нормальному функционированию города с растянутой планировочной структурой и сложным для городских условий низменно-горным рельефом. Ограниченный по количеству городской транспорт и обилие пешеходных зеленых аллей обеспечит комфорт и душевное спокойствие жителям и гостям, повысит привлекательность и имидж города, горно-лыжного курорта и Олимпийского центра в 2014 г. для людей различных возрастных групп во все сезоны года.

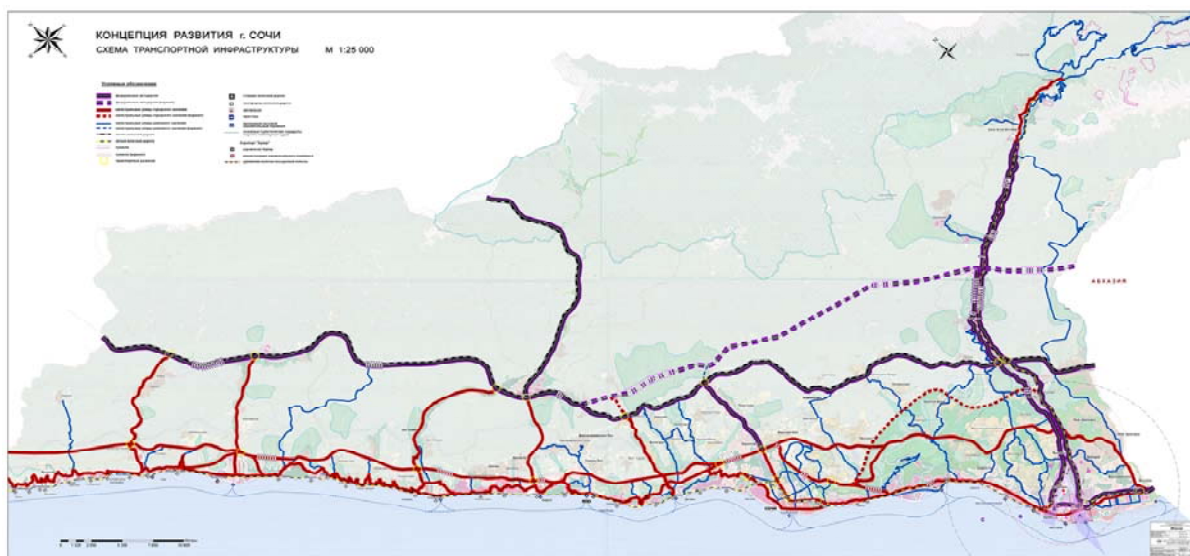


Рис. 4. Трасса ЧКАДа внутри агломерации Большой Сочи и в г. Сочи-2014

Российский участок ЧКАДа должен в пределах города и агломерации Сочи консолидировать также свои городские функции и задачи:

1 – как вторая объездная грузовая автомагистраль в Центральном районе города Сочи для движения грузовых автомобилей снабжения и очистки города и тяжеловесных автопоездов внешнего транзитного транспорта, максимально сохраняющая экологическую обстановку в регионе;

2 – как дополнительный второй дублер Курортного проспекта особенно необходимый в форс-мажорных технических и природных обстоятельствах. Он будет способствовать росту приоритетности системы общественного транспорта, созданию современной системы паркинга для авто и вело, предоставляющего жителям и гостям возможные альтернативы смены вида транспорта;

3 - как способ освобождения города от внутреннего транзитного автомобильного автотранспорта по второму дублеру Курортного проспекта и сокращение неуправляемого роста количества легковых автомобилей в центральном ядре агломерации;

4 - как способ дифференциации транспортных магистралей по выполняемым перевозочным функциям для снижения интенсивности движения транспортных средств и пробки и увеличения безопасности движения;

5 – как средство сокращения уровня загазованности улично-дорожной сети и шума в городе, особенно в центре, способствующее оздоровлению окружающей среды, прежде всего для населения.

5. Перспективы развития транспортной инфраструктуры Черноморья

Аналогично автомобильной версии ЧКАДа, в целях повышения эффективности функционирования комплексной транспортной системы Черноморья целесообразно в отдаленной (за 2020г.) перспективе создание на побережье интермодального железнодорожного кольца (ЧКЖД). Это актуально в связи с повсеместным ренессансом железнодорожного транспорта в Европе в силу преимуществ – по провозной и пропускной способности, экономических, экологических, энергетических, эксплуатационных и др. Российский участок ЧКЖДа вписывается в концептуальную схему развития транспортной сети всего Краснодарского края (рис.5), выполненную МосГипротрансом и Мосгипрогором (2007-2008гг).

Сочинский участок ЧКЖД надо рассматривать как вариант решения давно дискутируемой проблемы **выноса с городской территории побережья** существующей, до сих пор в большей степени однопутной железнодорожной магистрали (от Туапсе до Адлера) для смешанного грузового и дальнего пассажирского движения. Для размещения железнодорожных путей ЧКЖД целесообразно использовать единый (совмещенный) интермодальный коридор для авто- и железнодорожного сообщения в **первой предгорной зоне**, 25-40 км от берега, отличия от предлагаемого в Меморандуме ЧКАДа удаления от берега на 5 км. Поэтому при опережающем проектировании и строительстве предлагаемой объездной нагорной автодороги (участка ЧКАД) по территории Большого Сочи необходимо

предусмотреть полосу будущего железнодорожного полотна.

Оставшиеся после переноса существующие железнодорожные пути на берегу – не сносить, как предлагалось неоднократно, а использовать после санации их и организации на них внутригородского скоростного легкого рельсового транспорта (ЛРТ) в виде систем городской скоростной и легкой железной дороги - ГСЖД (типа S-Bahn) и ЛЖД (рис.6). Такой способ распространен повсеместно в расчетливой Европе,

умеющей беречь средства и транспортные сооружения и лишней раз не тратиться на строительство дорогостоящего метрополитена или других видов, зачастую экспериментальных и ненадежных в эксплуатации. Реализации данного предложения будет способствовать созданию в агломерации Большой Сочи и ее центре – городе Сочи инновационной интеллигентной транспортно-логистической системы (ИТЛС) для всех видов сообщений, включая интермодальные.



Рис.5. Концептуальная схема развития железнодорожного транспорта в Краснодарском крае

Надо иметь в виду, что вероятная возможность, социально-экономическая целесообразность и сроки переноса существующей железной дороги в горы в виде участка ЧКЖДа напрямую и инвестиционно зависят не только от социально-экономического состояния страны, южного региона и агломерации Большой Сочи и ее финансовых возможностей, но и от реализации мегапроекта интермодального ЧКАД в целом по странам Черноморья.

Выводы

1. Все сказанное представляет собой только концептуальные предложения по российскому участку ЧКАДа, которые требуют тщательной альтернативно-вариантной разработки на всех

этапах инновационного проектирования по современной методологии, которой в России нет. Но ни в Правительстве РФ, ни в Минтрансе РФ, ни в соответствующих региональной и муниципальной администрациях об этом не думают. Нужны не только заказы и деньги, но и соответствующая методология и компетентные специалисты-проектировщики, чтобы избежать ошибок, подобных в Сочи и во Владивостоке (ниже дано изложение некоторых моментов возможной методологии).

Здесь не лишне заметить, что Россия занимает только 95 место в мире по уровню развития и эффективности логистики (по оценке Всемирного банка в 2010г.).



Рис. 6. Возможные варианты подвижного состава для Сочи-2013 и Сочи-2030

2. Бессистемное лоскутное проектирование и финансирование отдельных локальных или проектов не только отодвигает сроки проектирования, но и ставит вопрос об актуальности всего проекта в целом и реальности строительства. Хорошей иллюстрацией этого высказывания является следующий пример: в феврале 2013г. было торжественно, но очень запоздалое открытие железнодорожно-паромной переправы **Самсун-Кавказ**, по которой с декабря 2010г. осуществлено всего 62 рейса с 2300 составами с 63.тыс. т грузов при многократной потребности в этой связке на **ЧКАДе**. **Нужна политическая воля к принятию решения: быть или не быть, т.е. нужен или не нужен российский участок ЧКАД? И соответственно решать проблему транспортно-логистического комплекса юга России.**

3. Некоторые положения рекомендуемой Методологии проектирования МТК

При разработке Методологии инновационного проектирования транспортных коридоров необходимо опираться на следующие 2 положения.

1 положение - Стратегия развития МТК. Отправной посылкой рекомендуемой Методологии должен стать **единый, но многоаспектный подход** к решению проблемы, основанный на базе принципа **«Know-how из одних рук»** с использованием принципов и аппарата логистики. На базе единого подхода разрабатывается **Стратегия развития транспортного коридора**. Стратегия представляет собой интегрированную систему

взаимосвязанных по задачам, срокам осуществления и ресурсам целевых программ (ЦП), проектов и мероприятий, обеспечивающую эффективное решение системной социально-экономической проблемы при организации транспортного коридора. Стратегия развития транспортного коридора разрабатывается в такой последовательности:

- описание проблемы (постановка, состояние, воздействие, факторы, последствия);
- наименование (разработчик и способы решения, индикаторы и критерии оценки);
- задачи и последовательность решения их;
- сроки проектирования и этапы реализации;
- перечень ЦП и мероприятий для реализации проекта;
- *характеристика и оценка результата с конкурентных позиций;*
- определение потребности в ресурсах и источники финансирования;
- определение мониторинга стратегии развития коридора и контроля ее реализации.

В данной публикации из всего перечисленного выбирается **оценка проекта** транспортного коридора с конкурентных позиций.

2 положение- оценка ожидаемого результата реализации проекта МТК. Необходимость оценки эффективности функционирования МТК и его участков должно

происходит уже **на стадиях проектирования**, дабы исключить нерациональное использование ресурсов (прежде всего финансовых) при строительстве и последующей эксплуатации объектов. В России нет своей методики оценки технико-экономической эффективности транспортных решений, а достаточно надежная советская методика Института комплексных проблем при Госплане СССР канула в Лету, поэтому необходимо использовать лучший отечественный опыт и имплементировать существующую европейскую или мировую методологию с адаптацией к российским условиям и корректировкой по российским стандартам.

На каких «китах» в современных условиях должна «стоять» методология проектирования МТК и оценки проектных решений?

Во-первых, на экономическом «ките», поскольку главной движущей силой любого бизнеса, в т.ч. транспортно-транзитного в коридорной системе, является его конкурентоспособность, поддерживаемая финансовым состоянием государства в целом;

во-вторых, на логистическом «ките», поскольку лучшим способом организации потоков и управления ими, особенно в коридорах, является логистический. Именно логистика оптимизирует доставку грузов и пассажиров «от двери до двери» по расходам и последствиям для потребителя, для транспортного оператора и для населения, которое невольно соприкасается с этим мощным движением грузов и пассажиров;

в-третьих, на гармоническом «ките» социально-экономических, компромиссов баланса и общей ответственности всех участников процесса за конечный результат.

Автором предлагается для оценки проектных решений по МТК использование двух показателей эффективности по методике Всемирного банка и одного параметра европейской ассоциации транспортных коридоров, которые автор статьи, к сожалению, по срокам не имел возможности использовать во всех проектных разработках по Сочи-2014 и Сочи-2030:

– **индекс эффективности логистики – ИЛЭ/LPI (Logistics Performance Index);**

– **индекс глобальной экономической эффективности – GPI /ИГЭ (Global Performance Index);**

– **индикатор эффективности функционирования МТК (в проектах и реалиях) – ИКЭ/ KPI (Key Performance Indicator).**

3.1. Краткая характеристика LPI (ИЛЭ)

Для получения индекса LPI Всемирный банк в своих исследованиях использует 6 параметров по 5-балльной системе. За 2010г. получены исходные данные и рассчитаны абсолютные цифры для 800 международных

компаний из 155 стран (разделены на 4 группы по 38 стран). Здесь приводятся выборочные результаты для страны на первом (**Сингапур**) и последнем (**Гвинея -128**) местах, а также для **Китая** (26 место) и **России** (95 место):

1 - эффективность работы таможни и пограничных пунктов (**customs**) - 4,10; 3,25; **2,04**; 1,98;

2 - качество инфраструктуры – логистической, транспортной, информационной, технологической (**infrastructure**) - 4,15; 3,61; **2,45**; 2,20;

3 - простота организации и доступность интермодальных поставок (**international shipments**) – 3,99; 3,46; **2,5**; 2,34;

4 – уровень компетенции в логистике (**logistics quality and competence**) – 4,07; 3,47; **2,65**; 2,18;

5 – возможность отслеживания всей цепи поставок “on-line” (**tracking and tracing**) – 4,07; 3,52; **2,76**; 2,51;

6 - соблюдение сроков доставки (**timeliness**) – 4,33; 3,80; **3,02**; 3,01.

Ниже для получения некоторого представления об уровне развития стран приведены фактические величины индекса эффективности логистики – ИЛЭ/ LPI по странам в каждой группе:

Группа - LPI (4.13 - 3.18, диапазон оценок 0,95). Сингапур - 4.13/1, ФРГ- 4,03/4, США - 3,93/9, Канада и Франция - 3,85/12и14, Австралия - 3,73/18, Китай- 3,52/26

2 группа – LPI (3.17 - 2.77, диапазон оценок 0,40). Малайзия - 3,17/29, Индия - 3,08/46, Колумбия - 2,77/64.

3 группа - LPI (2.76 - 2.46, диапазон оценок 0,30). Эстония - 2,76/65, Казахстан - 2,69/86, Беларусь - 2,61/91, **Россия - 2,58/95.**

4 группа – LPI (2.45 - 1.61, диапазон оценок 0,84). Конго – 2,45/143, Бурунди – 1,61/155.

Россия занимает 95 место по ИЛЭ/ LPI с оценкой 2.58.

Расчет приведенного индекса базируется на предварительном определении **Индекса глобальной экономической эффективности GPI (ИГЭ)**

3.2. Краткая характеристика GPI (ИГЭ)

Всемирный банк предварительно определил рейтинг для 144 стран по величине номинального ВВП (в долларах, по данным МВФ). Здесь приводятся выборочные данные:

1 - **Австралия**, 2 - США, 3 - Канада, 4 - Япония, 5 и 6 - Германия и Франция, 7 - Великобритания, 8 - Италия, 9 - Республика Корея, 10 - Саудовская Аравия, **11, 12 и 13 - Россия**, Бразилия и Турция, 14 - Аргентина, 15 - ЮАР, **16 - Китай**, 17 - Индонезия, 18 – Индия и т.д.

Для расчета индекса **GPI** используются 12 показателей оценки, разделенных на 3 группы. Максимально возможная оценка индекса - 6,0:

1 группа - базовые потребности экономики (качество институтов, инфраструктура, макроэкономическая стабильность, здоровье и начальное образование);

2 группа - факторы эффективности экономики (высшее образование и профессионализм, эффективность рынка товаров и услуг, эффективность рынка труда, уровень технологического развития, размер внутреннего рынка);

3 группа - инновации и сложность ведения бизнеса (конкурентоспособность и сложность ведения бизнеса, конкурентоспособность компаний, инновационный потенциал).

Россия занимает 67 место по ИГК с оценкой 4,2

3.3. Краткая характеристика индикатора оценки эффективности деятельности МТК (или исполнения проекта) КРІ

Для расчета индекса **КРІ / ИГЭ** используются 5 показателей оценки, разделенных на 3 группы. Максимально возможная оценка индекса - 6,0:

1 - эффективность деятельности, т.е. абсолютная (€/т) и относительная стоимость (€/ткм), для пассажирских потоков (€/пасс) (€/пасс-км);

2 - качество обслуживания - время перевозки груза (пассажиров), надежность или достоверность, частота обслуживания, степень использование инфо-коммуникационных технологий, секретность и безопасность грузов, безопасность пассажирских перевозок,

3 - допустимый уровень выбросов - разных по валентности групп CO, SO, NO, PM;

4 - инфраструктурная достаточность и доступность - высокая или недостаточная плотность размещения элементов транспортных коридоров;

5 - социальные аспекты проблемы - землепользование (городское, аграрное и опасное), шум и загазованность в полосе конкретного коридора, безопасность движения, комфортность и экологическое равновесие для населения в зоне прохождения коридора.

При конкретном проектировании российского участка **ЧКАДа** необходимо провести расчет индикатора **КРІ** на всех стадиях проектирования.

3.4. Методология инновационного проектирования транспортных коридоров

Рекомендуемая методология в первом приближении должна состоять из 6 блоков:

1 блок - назначение альтернатив МТК на базе выявления «узких мест» в транспортном обслуживании грузо- и пассажиропотоков на мощных направлениях и вариантов (трасс и

транспортных версий, тяговых систем и топлива, навигации, таможенно-пограничного и логистического обслуживания, погрузо-разгрузочных средств, терминалов и др.).

2 блок - «зеленые» технологии функционирования МТК, включающие «умные» или «интеллектуальные» методы эксплуатации коридоров (в виде ИТС), информационно-коммуникационные технологии и системы (в виде ICT) в зеленых коридорах через использование электронной технологии организации и управления потоками, навигации и отслеживания транспортных средств и грузов;

3 блок - методология сопоставительного или сравнительного конкурентного анализа (**benchmarking methodology**) - многоступенчатая селекция (или эталонное тестирование) транспортных коридоров с момента предварительного назначения до присвоения классификационного статуса по 2 интегрированным характеристикам:

первая - загрузка магистралей и мощность потоков, объем и дальность перевозок, вид грузов, протяженность сети и потоков, существующая транспортная инфраструктура и состояние;

вторая - эффект окружающей среды, интер- и мультимодальность, географические предпосылки, гуманистические аспекты землепользования, типа жилья и условий проживания и др.

Benchmarking (США и страны ЕС) - сбор и анализ информации о деятельности и методах управления наиболее успешных компаний конкурентов и партнеров. База - выделение наилучших особенностей процессов и их эффективное использование на предприятиях. Способ получения преимуществ в конкурентной среде, позволяющей адаптировать стратегию предприятия для успешного существования на рынке. Изменение стратегии планирования и анализа не от достигнутых результатов, а от параметров достижений конкурентов. Ориентир - не собственные достижения, а наилучшие показатели конкурентов в отрасли. Преимущество - отражение не только внешних аспектов, но и внутренних показателей - экономики. Качества, финансов, социальной обеспеченности, маркетинговой поддержки.

4 блок - оценка эффективности по индикаторам оценки эффективности логистики и деятельности (или исполнения проекта) - **LPI** (Logistics Performance Index) и **KPI** (Key Performance Indicator);

5 блок - системно-целевой подход принятия решения по выбору участков трассы на базе модели «**выигрыш - выигрыш**» (в тандеме с моделью «**стоимость - эффективность**»);

6 блок - механизм финансирования и реализации проекта с разработкой конкретного мастер-плана по срокам, исполнителям и

контролю. Конечная цель разработки блока представляет собой политику определения последствий реализации проекта, связанную с возможностью государственного регулятора влиять на принятие решений с точки зрения гармонизации и балансирования их, а также распространение информации о результатах реализации среди заинтересованных сторон и участников проекта, среди населения в зоне действия проектируемого коридора.

Многое использовано автором при разработке комплексных транспортных схем (КТС) и транспортно-логистических систем (ТЛС) обслуживания в ФЦП и проектах по Сочи-2014 и Сочи-2030 (Генплан утвержден в 2009г., сегодня реализуется) и в научных статьях, в частности по 5 горно-лыжным курортам Северного Кавказа. В названных разработках определенная роль отведена интермодальным коридорам, в т.ч. участкам ЧКАДа.

Литература

1. Шабарова Э.В. Основы транспортной логистики. - СПб.: ГМА им. адм. Макарова, 2002.-240с.
2. Шабарова Э.В. Генеральный план развития агломерации Большой Сочи (2007-2014-2030). Том 2. Книга 6. Транспортная инфраструктура.- М-СПб.: МосГипрогор, РосНИПИ Урбанистика, 2008.
3. Шабарова Э.В. Пассажирская логистика Сочи-2014. -СПб.: ПГУПС. Юбилейный сборник «Инновации на железнодорожном транспорте-2009», с.276-288.
4. Шабарова Э.В. Организация транспортно-логистического обслуживания российских участков ЧКАДа. – Одесса. XII выставка-конференция ИНТЕР-TRANSPORT, 2013, с.329-335
5. Материалы выставки- конференции ИНТЕР-TRANSPORT.- Одесса, 2013. - 376 с.

References

1. Shabarova Je.V. Osnovy transportnoj logistiki. - SPb.:GMA im. adm. Makarova, 2002.-240s.
2. Shabarova Je.V. General'nyj plan razvitija aglomeracii Bol'shoj Sochi (2007-2014-2030). Tom 2.Kniga 6. Transportnaja infrastruktura.- M-SPb.: MosGiprogor, RosNIPI Urbanistika, 2008.
3. Shabarova Je.V. Passazhirskaja logistika Sochi-2014. -SPb.: PGUPS. Jubilejnyj sbornik «Innovacii na zheleznodorozhnom transporte-2009», s.276-288.
4. Shabarova Je.V. Organizacija transportno-logisticheskogo obsluzhivanija rossijskih uchastkov ChKADa. – Odessa. HP vystavka-konferencija INTER-TRANSPORT, 2013, s.329-335
5. Materialy vystavki- konferencii INTER-TRANSPORT.- Odessa, 2013. - 376 s.

Шабарова Е.В. ЛОГІСТИЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ РОСІЙСЬКОЇ ДІЛЯНКИ ЧКАДа (в агломерації Великий Сочі 2014-2030гг.)

Розглянуто концепцію і трасу Чорноморської кільцевої автодороги (ЧКАД), її значущість для країн Чорномор'я, включаючи Росію. Відображено функції російської ділянки і значимість її на території агломерації Великий Сочі і Сочі-2014. Наведено основні блоки методології проектування транспортних коридорів та оцінки їхньої ефективності.

Ключові слова: *інтермодальність і інтермодальні перевезення, транспортно-транзитний бізнес, транспортний коридор, параметри оцінки логістичної ефективності - KPI і LPI*

Shabarova E.V. "LOGISTICS SERVICE AREA OF RUSSIAN BLACK SEA RING HIGHWAY (in agglomeration of Greater Sochi 2014 2030gg.) "

The concept of the track and the Black Sea Ring Road, its importance for the Black Sea countries, including Russia. Reflects the function and significance of the Russian part of its territory on the agglomeration of Greater Sochi and Sochi in 2014. Are the basic building blocks of design

УДК 656.613

ЛОГИСТИКА ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК В КРУПНОМ ГОРОДЕ И АГЛОМЕРАЦИИ

Шабарова Э.В.

LOGISTICS PASSENGER TRAFFIC IN LARGE CITIES AND AGGLOMERATIONS

Shabarova E.V.

Рассмотрены основные моменты методологии проектирования комплексных транспортных систем (КТС) крупных городов и агломераций и трансформации их в системы транспортно-логистического обслуживания (ТЛС). Положения методологии иллюстрируются на примере проектирования комплексной схемы транспорта Сочи-2014 и Сочи-2030 в различных ФЦП и Генплана агломерации Большой Сочи. Особое значение уделено инновационным видам рельсового транспорта ГСЖД, ЛЖД и ЗЖД и обоснованию интермодальных транспортных коридоров.

Ключевые слова: КТС, ТЛС, логистика, методология проектирования, ГСЖД, ЛЖД, ЗЖД.

Введение. О социально-экономической значимости пассажирских перевозок в условиях глобализации. Если проблемы не решать, то они превращаются в противоречия. Для решения проблемы городского транспорта и пассажирской логистики необходимо понять важность проблемы и установить перечень аспектов ее решения, четко сформулировать задачи и функции. Для этого необходимы новые стратегия, методы и прозрачная технология проектирования, требующие селекции идей и людей, способных решать задачи и проблемы.

Логистика пассажирских перевозок должна опираться на развитую, гибкую и адекватную реальной ситуации транспортную инфраструктуру, включающую:

1. Сеть рельсового транспорта для всех видов сообщений, в т.ч. для прямых сообщений «город - аэропорт».
2. Сеть автомобильных дорог и участков интермодальных транспортных коридоров.
3. Сеть общественного пассажирского транспорта.
4. Дифференцированную сеть грузового транспорта.

К основным задачам проектируемой системы пассажирского транспорта относятся: достижение транспортной доступности, удовлетворение спроса на транспортные услуги в нужное время и в нужном месте, обеспечение комфорта проживания в городе (экология) и удобство поездок пассажиров. Для обеспечения требуемого уровня обслуживания пассажиров всех видов сообщений (см. рис.1) необходима инновационная транспортно-логистическая система с главным звеном ее – транспортно-логистическим центром (ТЛЦ) для организации и управления грузовыми и пассажирскими перевозками.

Предлагаемые рекомендации проиллюстрированы (курсивом) на примере последних проектных работ автора по транспортной концепции Сочи-2014 и Сочи-2030.

1. ТРАНСПОРТНАЯ ПРОБЛЕМА И ВИДЫ ГОРОДСКОГО ТРАНСПОРТА

1.1. Аспекты транспортной проблемы в городах и агломерациях

К основным аспектам транспортной проблемы в городах можно отнести следующие:

- Численность городского населения (города: малые, средние, большие, мегаполисы, города-спутники, агломерации) и неуправляемый рост их.
- Территория города (площадь, этажность и плотность застройки, диаметр мест расселения труда и размещения культурно-бытовых объектов, трудовая миграция по зонам от 20-40км, 50-60км или 45мин., сейчас - более 100км или 2 часа времени на трудовые поездки).
- Пешеходная (300-500м) и транспортная доступность (500-800-1000м).
- Автомобилизация (фактическая и на перспективу более 500 авто/1000жит.), места

хранения и парковки, перехватывающие стоянки и ТПУ (транспортно-пересадочные узлы).

- УДМС (управление дорожно-магистральной сетью) и ее дифференциация: участки транспортных коридоров, КАДы и скоростные диаметры (транспортные магистрали), объездные автодороги, магистрали регионального и агломерационного значения, магистрали общегородского и районного значения, внутриквартальные проезды, специальные магистрали (грузовые), обособленные городские дороги и улицы (для рельсового транспорта),

пешеходные улицы и аллеи, искусственные сооружения в городе (путепроводы, автомобильные развязки-эстакады, туннели, пешеходные переходы в разных уровнях, лифты и бегущие дорожки). Выделенные 4 категории дорог составляют костяк транспортной инфраструктуры Сочи-2014-2030.

Лучшим и лаконичным способом отражения большинства аспектов транспортной проблемы является представленный на Петербургском форуме в 2012г. г-ном Ж.А. Жако (рис.2).



Рис.1. Структура пассажироперевозок в городе и агломерации по видам сообщений



Рис.2. Сценарий транспортного коллапса в городах

1.2. Регламентирующие направления и документы по транспорту

При решении транспортной проблемы в крупном российском городе или агломерации, кроме проведения текущих мероприятий, необходимо учитывать основные направления и тенденции в развитых странах мира, имеющих опережающий опыт решения в своих странах. Это позволит имплементировать европейский опыт и технологии в российскую практику. Новые направления развития европейского транспорта отражены в **Стратегии развития транспорта (на 2020, 2030, 2050гг. – так назыв. White Paper от 28.03.11)**. К основным положениям по теме публикации относятся:

- **снижение пробок** (простой грузов и пассажиров - 4,2 млрд часов в год, потери 87,2 млрд долл), в т.ч. за счет глобальной навигационной системы **Galileo, GSM, ГЛОНАСС**;

- **снижение доли в 2 раза к 2030г.** использования личного автотранспорта в городах и полный отказ от них к 2050г.;

- **перевод 30%** автомобильного грузового движения к 2030г. на другие виды транспорта (железнодорожный, водный), к 2050г. – более **50%**;

- **увеличение протяженности скоростных железных дорог к 2030г. в 3 раза, к 2050г.** - создание европейской системы ВСЖД;

- **обеспечение прямой железнодорожной связью** морских портов и терминалов, **аэропортов**;

- **создание инфраструктуры** по объему спроса, предоставлению и оплате транспортных услуг;

- **экология** - сегодня сжигается впустую 8,1 млн т топлива -22% всех выбросов CO₂.

Из короткого перечня можно сделать вывод о **постепенном переводе перевозок, в первую очередь пассажирских, на рельсовые виды транспорта**, что отвечает тенденциям времени – наступившему **ренессансу железнодорожного транспорта**, способному решить транспортную проблему в городах и агломерациях. Способов инновационной модернизации железных дорог в городе много. Для России, из анализа опыта зарубежных городов, сегодня актуальными являются:

- организация системы внеуличного городского транспорта на базе существующих участков в виде городской скоростной железной дороги **ГСЖД** (типа **S-Bahn**) и **ЛЖД** (легкой железной дороги);

- **прямого скоростного и беспересадочного сообщения «город-аэропорт»** также с максимальным использованием существующей инфраструктуры (в т.ч. подъездных путей к аэропортам для обеспечения их авиакеросином и ГСМ и доставки грузов), нового строительства и др.

1.3. Транспортные системы в городах и агломерациях

Без развитой инфраструктуры нельзя решить транспортную проблему, внедрить пассажирскую логистику как реальный механизм создания **ИТС** (интеллектуальной транспортной системы) и ликвидировать транспортный коллапс в городах и агломерациях. Но в России распространено ошибочное мнение о «сиюминутном» решении пробок и проблемы в целом, а потому распространен ошибочный подход к решению – ориентация на улично-дорожную сеть, играющую роль каркаса. Никто не отрицает важности роли магистральной автодорожной сети. Но надо помнить 2 момента:

- - новое дорожное строительство «провоцирует» приток автомобилей (в первую очередь легковых), увеличивает интенсивность движения и повторяет снова **«чёртов круг»**,

- - новое дорожное строительство кардинально и конечно меняет структуру города на урбанизированную, дискомфортную для человека, и резко ухудшает экологию.

Выйти из этой ситуации можно только 2 способами:

1 способ – приоритет общественного транспорта на базе интегрированной системы на **макро** - (ж/д, авто, водный, авиа) и **микроуровнях** (городская скоростная железная дорога, метрополитен, скоростной и традиционный трамвай, троллейбус, автобус, автомобиль, все виды маршрутного транспорта, авиа) во всех видах сообщений;

2 способ - соблюдение в транспортном обслуживании принципа «богу - богово и кесарю - кесарево», т.е. четкое разделение транспорта, дифференциация перевозочных функций и пассажиров по мощности и дальности потоков, по территориальному размещению и частоте возникновения потоков.

Главным здесь является **не противопоставление** рельсового транспорта автомобильному и их **взаимоисключающая конкуренция**, а **совместный тандем** их взаимодействия - **кооперенц**, т.е. разумная конкуренция на основе кооперации, которую немцы успешно используют с 2000г.

Помимо традиционной, по сути мировой, классификации видов транспорта в 2008г. появилась упрощенная **европейская классификация рельсового транспорта** (на базе анализа 100 крупнейших городов континента). Она дает некоторое представление о видах, названии и их распространении, подчеркивает значимость рельсового транспорта в современных условиях рыночно-глобальной экономики и транспортных пробок в городах.

Но она условна и лаконична.

1. Система с использованием резиновых колес. Франция - 5, Италия - 4, Голландия - 1, всего 10 систем. **Производители:** Bombardier,

Irisbus, Lohr, Phileas. Провозная способность – 0,8 - 3 и 7 тыс. пасс/час

2. Система рельсового транспорта – трамвай. Франция - 19, Италия - 9, Германия - 2, Испания - 5, Швейцария - 1, Португалия - 2, в других странах - 3, всего 41 система. **Производители:** Alstom, Ansaldo, Bombardier, Caf, Siemens. Провозная способность – 3 тыс. пасс/час, мах – менее 10 тыс. пасс/час

3. Система низкопольного рельсового транспорта – ЛРТ (ошибочно расшифровывается – трамвай). Франция-2, Германия-7, Испания-2, Великобритания-5, Голландия-3, всего 19 систем. **Производители:** Alstom, Ansaldo, Bombardier, Caf, Siemens. Провозная способность – 3 тыс. пасс/час, мах - менее 10 тыс. пасс/час

4. Система монорельсового транспорта. Германия-2, другие-2, всего 5 систем. **Производители:** Bombardier, Indamin, Hitachi, Siemen. Провозная способность – не определена

5. Рельсовые системы облегченного типа – АРМ (ошибочно – легкое метро). Франция-8, Италия-7, Германия-2, Испания-3, Швейцария-1, Дания-1, другие-1, всего 23 системы. **Производители:** Alstom, Ansaldo, Bombardier, Firema, Siemens, Sofe. Провозная способность – 10-15 тыс. пасс/час, мах - 40 тыс. пасс/час.

Перечисленные системы полностью удовлетворяют требованиям пассажиров к современному транспортному обслуживанию – скорость, безопасность, регулярность, комфортность, условия для работы с Интернетом и ПК во время поездок. Немаловажной для делового человека сегодня является возможность добротного покушать во время поездок. Но главным преимуществом рельсового транспорта является скорость.

2. СКОРОСТНОЙ РЕЛЬСОВЫЙ ПАССАЖИРСКИЙ ТРАНСПОРТ

К существующим видам скоростного рельсового транспорта относятся: магистральная железная дорога, городская скоростная железная дорога (**ГСЖД**), легкая железная дорога (**ЛЖД**), зубчатая железная дорога (**ЗЖД** или **ГЗЖД**), метрополитен, скоростной и обычный (традиционный) трамвай, низкопольный трамвай. Ниже рассмотрены только те виды, которые не развиты в России, но актуальны для решения транспортной проблемы в городах России.

2.1. Городская скоростная железная дорога (ГСЖД)

Сегодня термин **ГСЖД (S-Bahn)** повсеместно (более, чем в 150 городах различных стран мира) означает **пассажирский внеуличный общественный скоростной транспорт в крупных городах и агломерациях** (на обывательском языке - **городские электрички**). **ГСЖД (S-Bahn)** обеспечивает как

внутригородские, так и пригородно-городские перевозки (см. рис 3.).

ГСЖД (S-Bahn) обладает:

- всеми (преимущественно) признаками и чертами железнодорожного транспорта с движением поездов на совмещенном или обособленном полотне;

- низким (дешевым, по сравнению с другими видами городского транспорта, например, метрополитеном), благоприятным льготным (в т.ч. абонементным) проездным тарифом в целом по сети и по отдельным маршрутам;

- своим, как правило подвижным составом, с большим ускорением и скоростью, с возможностью быстрого пассажирообмена на остановочных платформах в сравнительно короткое время, с удобной планировкой салона.

ГСЖД (S-Bahn) присущи:

- жесткий график движения и постоянная схема маршрутизации;

- большая плотность и частота движения поездов (с интервалом следования в часы пик не реже 10-20 мин).

Система **ГСЖД (S-Bahn)** занимает среднее положение между традиционной железной дорогой и метрополитеном (**U-Bahn**) в большей степени функционально приближаясь к метро. Общеизвестно, что метрополитен построен в 1863г. в Лондоне как столичная железная дорога. Его нужно рассматривать как частный случай железных дорог для выполнения специальных массовых внутригородских пассажироперевозок на сравнительно короткие (по сравнению с пригородными перевозками) расстояния в пределах фактического радиуса городской застройки, не выходя за городскую черту. Поэтому обеим системам присущи следующие общие и одинаковые черты и функции, обусловленные историко-генегическим развитием и организацией обособленных систем на инфраструктуре магистрального железнодорожного транспорта:

- 1 – конструкция станционно-путевого хозяйства;

- 2 - скорость: техническая, эксплуатационная, сообщения;

- 3 – схемы организации движения и устройства СЦБ;

- 4 – наличие обособленных путей, в т.ч. эстакадных и туннельных участков;

- 5 – принципы устройства и организации станций, назначаемая величина среднего перегона;

- 6 – приемы построения графиков движения и формирования поездных единиц;

- 7 – частичное распространение в обеих системах одинакового способа электропитания от 3-его контактного рельса.

в-четвертых, необходимости экономного расхода выделенных государственных и частных денежно – финансовых средств.

Лучшими примерами современных поездов для пригородно–городского движения по их техническим характеристикам являются поезда **S-Bahn** (включая поезда прямого сообщения *город - аэропорт*) в Швейцарии (важные узлы вагонов продублированы), Австрии (невысокая стоимость

вагонов) и Германии (лучшее электрооборудование, практицизм и прагматизм эксплуатации).

Первые проекты обоснования системы **ГСЖД** на бывшем советском пространстве были разработаны автором в 1975, 1991 и в рабочей документации в 1993гг. (рис.4). Но, к сожалению, проекты не реализованы, хотя в 2007г. снова вернулись к этой идее. Но не случилось.



Рис.4. S-Bahn – Riga (проекты 1975, 1991, 1993гг.) участками ГСЖД в аэропорты Спилве, Румбула, Скулте

В проектируемой системе **ГСЖД–СОЧИ** (см. рис.5) были заложены на стадии концепции (в т.ч. в Генплане) следующие характеристики:

1. Обширное и исторически разветвленное трассирование сети, обусловленное максимальным использованием существующих железнодорожных участков различного назначения.

2. Использование на первом этапе реализации существующего, но модернизированного участка Туапсе – Сочи – Адлер – Веселое для совмещенного движения.

3. Организация 6 маршрутов **ГСЖД–СОЧИ** (по 3 на равнине и в горы) и дополнительных маршрутов по **сквозному маятниковому олимпийскому диаметру Центральный вокзал Сочи – о.п.Веселое**.

4. Обособленное дифференцированное полотно, независимое от уличного наземного транспорта, с посадочными платформами в одном уровне (высокими или низкими), с организацией движения в 2-х направлениях и с бесступенчатой системой входа и выхода пассажиров на платформу, в вагон и из него.

5. Жесткий (такт) график движения с 60 - , 30 - , 20 - , 15 - и 10 - минутным маршрутным интервалом следования поездов. Минимальный интервал в час пик и при форс-мажоре сокращается до 5-7 мин.

6. Высокая пропускная и провозная способность (от 40 до 100 тыс. пасс/час).

7. Совмещение функций внутригородского, пригородно-городского и регионального транспорта в плотно заселенных районах и новых коридорах расселения, а также функций транспорта прямого сообщения «город - аэропорт».

8. Эксплуатация специальных моторвагонных или модульных (по примеру немецких) секций с возможностью быстрого секционирования электропоездов в часы пик и быстрого пассажирообмена на остановках (в т.ч. за счет устройства низких полов и автоматического открывания дверей). С декабря 2012г. ввели в эксплуатацию поезда «Ласточка».

9. Современная система сигнализации и автоматизации и вождение поезда компьютерным машинистом (как в Гамбурге, с мая 2008г.). Высокое качество перевозок, которое достигается за счет высокой доступности (практически в пешеходных пределах), высокой эксплуатационной скорости в пределах 80 – 120 км/ч (в 3 – 4 раза выше скорости трамвая), надежности и большой частоты возможного использования транспортного средства, комфорта в салонах для пассажиров, в т.ч. с багажом, велосипедом и животными.



Рис.6. Транспортно-маршрутная сеть ГСЖД-Сочи и ЛЖД-Сочи на 2014г.

Параметры указанных лучших образцов эксплуатации, имплементированных из зарубежного опыта, различны и имеют сравнительно широкий диапазон колебаний, что требует точной и тщательной проработки для проектных рабочих рекомендаций для агломерации **Сочи**. Особенно важны вариации в части: **энергопитания** - может быть от постоянного и переменного тока, **количества дверей** на одной стороне - от 4 до 8 и их ширины – от 1300 – 1350мм, **габаритов** по ширине и длине - также различных, **максимальной скорости** – от 90 до 160 км/ час, **числа мест** для сидения – от 146 до 200 и для стояния – от 200 до 350 чел.

При соблюдении данных характеристик система **ГСЖД–Сочи** должна выполнить 4 задачи:

1 - **разгрузить** уличный транспорт путем канализации (дифференциации) транспортных потребностей населения и транспортных потоков при минимальных капиталовложениях и ущербе окружающей среды;

2 - **сбить значимость** или снизить удельный вес легкового индивидуального транспорта в перевозочной работе в агломерации Сочи, как и в других российских городах (Европа уже решила много лет назад эту проблему), за счет пересадки пассажиров с легковых автомобилей на общественный транспорт и увеличения его привлекательности;

3 - **повысить** роль общественного транспорта за счет хорошо организованной и точно выполняемой эксплуатации. Максимальная пешая доступность к остановкам общественного транспорта, минимум пересадок и ожиданий транспортных средств, стоимость проезда в общественном транспорте - значительно меньшая, чем расходы на бензин для автовладельца, предоставление льготных мест парковок на перехватывающих стоянках в пешеходной близости к станциям **ГСЖД-Сочи**, берущим на себя от 60 до 75% перевозочной работы;

4 - **освоить** социальную занятость (максимально) периферийных территорий (за счет транспортного обслуживания в радиусе пешеходной доступности) агломерации Сочи, вплоть до границ и примыкающей сельскохозяйственной зоны, что будет способствовать оттоку миграционного дневного населения из центра г. Сочи.

Но жесткими, без каких-либо вариантов, должны быть выполнены **планировочные требования** к транспортно-маршрутной сети в центре агломерации, из которых 2 наиболее актуальны для г. Сочи;

первое требование - каждый пункт пассажирского тяготения в центре города должен находиться в пределах 10-минутной пешеходной доступности от остановочного пункта **ГСЖД-Сочи**.

второе требование - любой пассажир **ГСЖД–Сочи** при необходимости должен

достигнуть желаемый остановочный пункт (от двери до двери) не более, чем с одной пересадкой.

2.2. Легкая железная дорога (ЛЖД)

До сих пор не установлена точная терминологическая идентификация понятия **Легкие железные дороги (ЛЖД)**: в странах с французским языком они называются *pre - metro*, в странах с немецким языком – *Stadtbahn*, в странах с английским языком – *Light Rail* или *BART-RAPID*. Сегодня по оценкам специалистов фактическое число официальных систем *Stadtbahn* в Германии приближается к 60. Данных распространения ЛЖД в мире нет. По сути своей система ЛЖД представляет собой *традиционную железную дорогу*:

- с некоторой диверсификацией перевозочных функций (что порой трудно и невозможно konsekвентно классифицировать и отличить);

- с большим территориальным распространением в силу некоторой дешевизны и простоты строительства.

Главное отличие ЛЖД от обычной дороги – более легкий по массе и весу подвижной состав (вагоны и локомотивы), что определило в названии на русском и английском языках наличие слова «*легкая*», в немецком языке «весовая легкость» не отразилась в названии – просто *Stadtbahn*. «Легкость» подвижного состава благоприятна для 5 основных регламентирующих технико-эксплуатационных параметров ЛЖД (конструкция верхнего строения полотна и параметров пути; параметры искусственных сооружений – мостов и т.п.; мощности тяговых двигателей и расхода энергии; регламентирующий уклон в пределах до 8% при 2/3 ведущих осей); минимальный радиус кривых на повороте – порядка 100 м).

Количественные значения перечисленных параметров **отличают** Легкую железную дорогу (ЛЖД) от обычной традиционной дороги (ЖД), но главным индикатором отличия является подвижной состав. Немецкими специалистами создан **Каталог требований экономичного и легкого подвижного состава Stadtbahn (ЛЖД)**, главным принципом которого является определение минимальной общей стоимости, редуцированной через жизненный цикл вагонов *Stadtbahn*. Несмотря на отличия ЛЖД и традиционной железной дороги нужно отметить одновременное наличие следующих **одинаковых характеристик**: *ширина колеи* – 1435 мм (в России 1524 мм); *геометрические* (а не весовые!) размеры вагонов; *тяговые системы*, в первую очередь электроснабжения (в т.ч. ток, системы питания и т.д.); *системы управления и СЦБ*; *технологии эксплуатации*; *методы проектирования и строительства* и т. п.

Функционально ЛЖД по определению зарубежных специалистов представляет собой:

во-первых, - **промежуточно-переходный вариант рельсового транспорта по функционально-иерархическим уровням (классам) значимости в перевозочной работе;**

во-вторых, - самостоятельно созданный (сформированный, назначенный, построенный) рельсовый транспорт для особых условий эксплуатации, порой независимых от экономической целесообразности его организации. Например, для массовых спортивно-зрелищных мероприятий, типа олимпийских игр или чемпионатов (мира или континента) или в районах с осложненной инженерно-геологической или территориально-планировочной ситуацией.

Технико-эксплуатационные характеристики (выборочно) современных систем ЛЖД (в большей части немецких, получивших наибольшее распространение в мире) как переходного вида рельсового транспорта к указанным категориям и одновременно адекватного применительно к условиям г. Сочи-2014 и Сочи-2030 представлены в табл. 1.

Кроме указанной классификации систем ЛЖД по функциональным категориям приближения к видам скоростного рельсового транспорта или по специфической роли в некоторых регионах они также классифицируются по следующим признакам:

- форма (конфигурация сети) и элементы трассирования;
- строительная конструкция пути и верхнее строение;
- временные решения при реконструкции;
- система питания и контактная сеть;
- взаимодействие и связь с магистральной железной дорогой.

Для Сочи-2014 и Сочи-2030 была предложена, а в настоящий момент уже построена **ЛЖД Сочи-Красная Поляна** на базе нового строительства для доставки спортсменов и участников Олимпиады от станции Адлер и аэропорта «Адлер» до Олимпийского центра и деревни в горном комплексе Красной Поляны с конечным пунктом в горном пос. Роза Хутор. Новый аэровокзальный комплекс рассчитан на одновременное обслуживание 27 авиалайнеров от 2,5 до 3,8 тыс. пассажиров в час (максимально- 4,8 тыс. пасс.). В обслуживании Олимпиады 2014г. **ЛЖД-Красная Поляна** берет на себя порядка 80% пассажирской нагрузки по доставке участников и зрителей соревнований от побережья и равнины до гор. Принятая вместимость 1 модульного электропоезда составляет порядка 1100 пассажиров. Максимальный расчетный пассажиропоток в Красную Поляну с побережья в дни Олимпиады – 31 тыс. пасс. в час в одном направлении.

**Основные технико-эксплуатационные характеристики
современных систем ЛЖД**

№ п/п	Индикаторы (показатели или характеристики)	Единица измерения	2 категория ЛЖД - переход от трамвая	4 категория ЛЖД - переход к метро
1	Классификация городов: - по их величине, - по степени транспортной потребности	б/р	Средний город	Крупный город или агломерация
2	Численность населения	млн. чел.	0,5-1,0	1,0 – 2,0
3	Сфера применения: - радиус рационального обслуживания пассажиров, - сообщение город – аэропорт (экологически чистое и быстрое)	км б/р	50 -	150 -
4	Средняя плотность населения в транспортном коридоре ЛЖД, длиной 15км	чел/ км ²	3000	5000
5	Целесообразность организации системы при стабильном суточном пассажиропотоке в транспортном коридоре ЛЖД	тыс. пасс./ сутки	60, (иногда целесообразно даже при 20 тыс. пасс.)	100
6	Дополнительный приток на ЛЖД пассажиров за счет средств подвозочного транспорта в тандеме: - с автобусом или трамваем, - с системой park – and – ride или bike – and- ride, - с легковым автомобилем	тыс. пасс./ сутки	15	25
7	Критерии выбора категории ЛЖД по загрузке: - минимальный пассажирооборот в средние сутки недели	пасс-км на 1 км сети	5 000	10 000
8	Сеть и участки: - обособленно - независимое полотно (надземное, туннельное с рампами, на эстакадах), - собственное полотно, - в одном уровне с уличным транспортом для совмещенного движения	% от длины	5% - в туннеле или на эстакаде в черте города, 10% - на совмещенном полотне, 85% - на обособленном полотне	- 20% - в туннеле или на эстакаде в черте города, -80% - на обособленном полотне,
9	Станции и платформы: - средний перегон - длина посадочной платформы	м м	600 60	750–2000 (вне центра) 90
10	Подвижной состав: - наличие низкого пола - вид эксплуатации - ширина вагона - вместимость 6–осного вагона (только места для сидения)	% б/р м пасс.	70 двухсторонний 2,40 – 2,65 200 -230	100 двухсторонний 2,65 260
11	Форма эксплуатации на железнодорожной сети	б/р	Возможно совмещенное движение (при условии технических средств и устройств на платформах)	

№ п/п	Индикаторы (показатели или характеристики)	Единица измерения	2 категория ЛЖД - переход от трамвая	4 категория ЛЖД - переход к метро
12	Производственная эксплуатация поездов :			
	1. количество вагонов в поезде(минимальное)	ед. сек	2 90	3 90
	2. интервал следования			
	3. максимальная провозная способность (только с местами для сидения) в одном направлении	пасс.	18 000	31 000
	4. поездная автоматика и безопасность	б/р	некоторые участки пути	большая часть пути
	5. действие и влияние сигнализации	б/р	сквозное	предупреждающее (опережающее)
	6. скорость:			
– техническая		100		
– участковая	км/час	40	120 – 140	
– эксплуатационная с остановками		25	60 (максимум - 70) 30 - 35	

Примечания к таблице:

- участковая скорость более 70 км /час требует организации специальных устройств в самом поезде, в подвижном составе, а также частично дополнено устройствами СЦБ аналогично метрополитену;
- провозная способность может быть увеличена за счет сокращения времени стоянки для ускорения пассажирообмена на посадочных платформах, что достигается либо одинаковым уровнем пола и посадочной платформы при одновременном сокращении щели между ними, либо увеличением ширины дверных проемов.

2.3. Зубчатая железная дорога (ЗЖД или ГЗЖД)

Всего в мире насчитывается порядка 150 линий таких дорог (действующих), из которых половина находится в Швейцарии. Некоторые ЗЖД насчитывают порядка 150 лет рентабельной эксплуатации. Адекватными для сочинских условий являются 2 дороги:

- **швейцарская Jungfrau** в Бернских Альпах (см. рис.6) до всемирно известной вершины на высоте 2 962 м с современным подвижным составом швейцарской компании **Stadler Rail**, известной своими сочлененными моторвагонными поездами и другим традиционным подвижным составом рельсового транспорта. Компания является единственным в мире изготовителем моторвагонных поездов для зубчатых железных дорог. Самым мощным из всех поездов зубчатых железных дорог явился поезд последней строительной серии (мощностью 1,8 МВт или 2450 л.с.). Поезд был представлен на сентябрьской Выставке железнодорожной техники **InnoTrans 2006** в Берлине;

немецкая - одна из старейших (с 1936) дорог **Bayerische Zugspitzbahn** в Олимпийском центре в Гармиш - Паттеркирхен. Линия горной зубчатой железной дороги ГЗЖД - **Bayerische Zugspitzbahn** – имеет протяженность всего 11,5 км, поднимая туристов и спортсменов со всего мира на высоту более 2600м. Моторвагонная секция Beh 4/8 эксплуатируется на колее в 1 м, причем в разных условиях эксплуатации: *на равнинном участке* поезд движется в обычном **режиме колесо-рельс**,

развивает скорость до 70 км/час; на горном - после равнинного участка следует подъем до 15%, преодолеваемый в **зубчатом режиме**. Еще выше в горах имеется подъем 25%, который также преодолевается поездом. В конце маршрута поезд идет по крутому участку в узком туннеле до конечной станции. Туннель расположен в кривой малого радиуса. Впервые в Европе, в Баварии, было организовано логистическое беспересадочное сообщение на поезде от Гармиша до площадки Zugspitzplatt и далее по воздушной канатной дороге до всемирно известной вершины на высоте 2 950 м. С августа 2006 г. в Баварии начали эксплуатироваться двухвагонные поездные модули (всего 4) с пассажирскими салонами, оборудованными установками для кондиционирования воздуха. Этот опыт приемлем для Олимпийской транспортной инфраструктуры **Сочи – 2014**. Приведенный пример обслуживания Баварского Олимпийского кардинально меняет сам концептуальный подход к формированию транспортной системы **Сочи – 2014**, а именно – **на смену ошибочной ориентации на автобусный и автомобильный транспорт** с необходимостью колоссального строительства многополосных автодорог (в т.ч. с протяженными туннельными участками) **приходит высоко технологичная и инновационная система рельсового транспорта** также с большими капитальными вложениями, но многократно меньшими эксплуатационными расходами и негативными влияниями на окружающую природную среду. Для обслуживания горных

вершин и горной Олимпийской деревни как альтернатива канатным гондолам и подъемникам в перспективе могут быть построены участки ГЗЖД (см. рис.7) со специальным подвижным составом, новые модели и серии которого (немецкого и швейцарского производства) были

представлены на Международной выставке транспортных средств в Берлине осенью 2006г (см. рис.8).

•

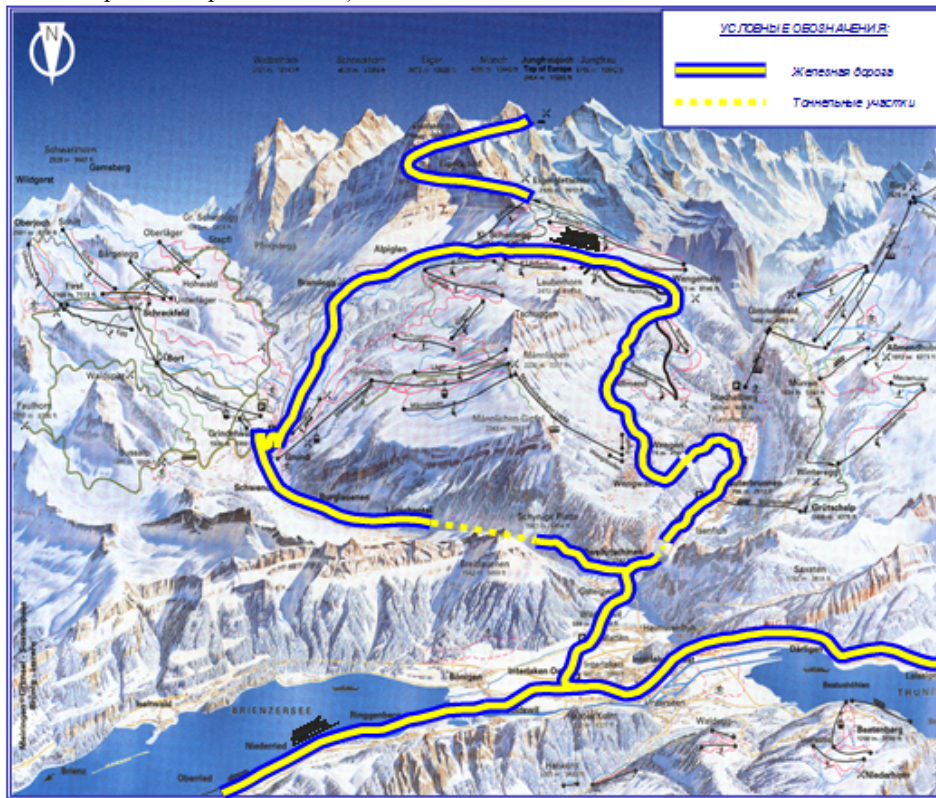


Рис.6. Трасса зубчатой железной дороги на Юнгфрау в Швейцарии

2.4. Транспортно-пересадочные узлы (ТПУ) и перехватывающие стоянки

Как правило, при пересадках на другие виды транспорта пассажиры используют *горизонтальные* или *вертикальные пути* – подходы к другим транспортным средствам, т.к. ГСЖД (или ЛЖД, или ГЗЖД), являясь основным видом массового общественного транспорта, входит в интегрированную систему обслуживания пассажиров. Такое вписывание или интеграция происходит в зависимости от выполняемых функций по 2 иерархическим уровням:

– *первый уровень* – когда ГСЖД (или ЛЖД, или ГЗЖД) «вливаются» в *транспорт более высокого порядка* по организации и мощности (так называемый – *супер-организованный транспорт*), например, в региональную или магистральную железную дорогу,

– *второй уровень* – когда ГСЖД (или ЛЖД, или ГЗЖД) «вливаются» в *транспорт более низкого порядка* по организации и мощности (так называемый – *вспомогательно-подчиненный или вспомогательно-подвозочный*

транспорт), например, автобус, трамвай, системы “Park – and - Ride” и “Bike - and - Ride”.

Каждый из этих уровней характеризуется количеством пропускаемых через пересадочные узлы пассажиров, что определяет строительно-планировочную и организационную структуру узлов. Пропускная способность таких ТПУ за рубежом превышает 15 тыс. чел. в час.

В **Сочи-2014** в Генплане предусмотрены 6 ТПУ (2 из них в Красной Поляне) и 11 перехватывающих стоянок для легкового индивидуального автотранспорта.

Особенностью создания современных ТПУ является предоставление всех условий для передвижения пассажиров с ограниченными возможностями. Требования к организации транспорта (остановки, подвижной состав и эксплуатация) для людей, плохо слышащих, видящих или плохо двигающихся, должны быть аналогичны требованиям обычных пассажиров по следующим категориям:

- скорость и общее время поездки;
- доступность вида транспорта и подвижного состава на остановке;

Представленная методология проиллюстрирована на конкретных примерах из проектной практики автора Сочи-2014 и Сочи-2030.

3.1. Транспортная подвижность населения и закономерности трудового расселения

Основной характеристикой спроса населения на перевозки является показатель транспортной подвижности (количество поездок на 1 жителя в год). Проводимые в России экономические преобразования привели к радикальным изменениям в социальной сфере и стереотипах поведения населения в жизни и во многих областях деятельности:

- рост уровня автомобилизации и доли автотранспорта до 20% и выше (в Сочи-2014 – 320 авто/1000жит.);
- увеличение доли деловых передвижений в составе объема суммарных трудовых поездок – более 25%;
- снижение культурно-бытовой подвижности, обусловленное ростом цен на зрелища и спорт и товарным насыщением рынка в шаговой доступности для покупателя;
- изменение характера и структуры занятости и изменение режима и места труда;
- преимущественное использование подвижного состава малой вместимости (маршрутки), увеличивающее число отказов в обслуживании и покупке личного автомобиля.

В Сочи на 2014г. принята величина транспортной подвижности 440 поездок в год на 1 человека, в т.ч. 310 – трудовые и деловые поездки (в 2007г. по экспертной оценке НИПИ ТРТИ в СПб – 373 поездки в год).

3.2. Расчетно-транспортное зонирование, планировочная структура, корреспонденция и пассажиропотоки

3.2.1. Расчетно-транспортное зонирование – важное звено в определении пассажирской нагрузки на транспортную инфраструктуру и режим ее работы:

во - 1) оно должно быть примерно одинаковым по величине обслуживаемой территории, несмотря на разную плотность селитебной застройки и наличия мест трудового и культурно-бытового тяготения,

во - 2) оно должно учитывать особенности планировочной структуры и рельеф районов, наличие естественных и искусственных преград,

в - 3) оно определяет математическую модель расчета пассажирских корреспонденций – базы построения суммарных и пиковых часовых пассажиропотоков,

в - 43) оно устанавливает этапность реализации предложений Генплана и очередность проведения локальных реконструктивных

мероприятий, запланированных ранее различными ведомствами.

С учетом изложенного в Сочи расчетно-транспортное районирование проведено (рис.9) для 4 различных зон с точки зрения выбора транспорта по провозной способности, скорости движения и допустимых параметров уклона и кривых.

Первая зона – побережье от западных пригородов Сочи через Адлер до Нижнеимеретинской низменности с приоритетным обслуживанием системой **ГСЖД-Сочи** постоянного населения круглогодично и рекреантов (отдыхающих, спортсменов, гостей и т.п.) в сезон или в дни Олимпиад или мировых первенств. *Вторая зона* – Имеретинская низменность с приоритетным обслуживанием постоянного населения и доставкой посетителей Олимпийского парка и яхт – клубов в виде тандема систем: **ГСЖД-Сочи** и **ЛЖД-Красная Поляна**. В качестве внутрирайонного «развозочного» транспорта возможно использовать низкопольный электротранспорт, включая индивидуальные малоразмерные средства. *Третья зона* – горно-равнинный участок доставки спортсменов и зрителей в Красную Поляну с приоритетным обслуживанием системой **ГСЖД-Красная Поляна** в тандеме с **ЛЖД-Сочи**, работающих на первом этапе реализации Генплана (до 2014г.) отдельно. *Четвертая зона* – горный район с фристайлом, лыжным и биатлонным комплексом Грушовой Поляны, с горной Олимпийской деревней с приоритетным обслуживанием гостей, спортсменов и туристов тандемом систем **ЛЖД - Красная Поляна** и канатно-натяжных дорог, в перспективе – с участками **ГЗЖД - Красная Поляна**.

Можно выделить в силу новой специфики для России *пятую зону* - побережье от ст. Адлер до аэропорта с приоритетным обслуживанием постоянного и временного населения круглогодично системой **ГСЖД - Сочи** как главной альтернативы маршруткам. При составлении Матрицы корреспонденций по принятой модели трудового расселения (НИПИГрад в СПб) эти зоны были разделены на 128 расчетно-транспортных районов.

3.2.2. Планировочная структура агломерации и его центрального ядра, города и его микрорайонов – **моно** – или **полицентрическая** форма определяет компактность или разобщенность территории, зонирование и размещение основных фокусов пассажирского тяготения. Для **моноцентрических агломераций** с преобладанием радиальных направлений пассажиропотоков в городе-ядре характерна **звездообразная форма** транспортной сети с радиальной системой маршрутизации. В

полицентрических агломерациях налицо «смешанная» система маршрутизации. При **вытянутой** планировочной структуре территории целесообразно организовать автономную локальную маршрутную сеть.

Планировочная структура - один из важных факторов при определении физического состава видов транспорта и его технико-эксплуатационных параметров:

- наземный и внеуличный (подземный и надземный),
- скоростной или обычный традиционный,
- транспорт с большой провозной способностью или микродвижной состав,

- основной или вспомогательно-подвозочный к остановочным пунктам внеуличного транспорта,
- протяженность и плотность транспортно-маршрутной сети, исходя из требований транспортной и пешеходной доступности (коэффициент пользования транспортом),
- прямолинейность (или наоборот) связей и потенциальная пересадочность пассажиров,
- форма маршрутной сети (осевая, разветвлено-вилочная и кольцевая) и типы маршрутов (радиальные и трансверсальные-диаметральные, хордовые и тангенциальные),
- режим работы утром, днем, вечером, ночью и в часы пик.



Рис.9. Расчетно- транспортное зонирование г.Сочи в 2014г.

В качестве примера разобщенности планировочной структуры города, со сложным и горным рельефом приведен г. Сочи. Город имеет два ярко выраженных и противоположных типа

Как видно из рис.10, здесь должен быть основной вид транспорта для сообщения «берег-

структуры – горный кластер в Красной и Грушовой Полянах и береговой кластер в самом Сочи и в Нижне-Имеретинской низменности (рис.10 и 11).

горы» - скоростной железнодорожный, или автомобильный, или вертолетный.

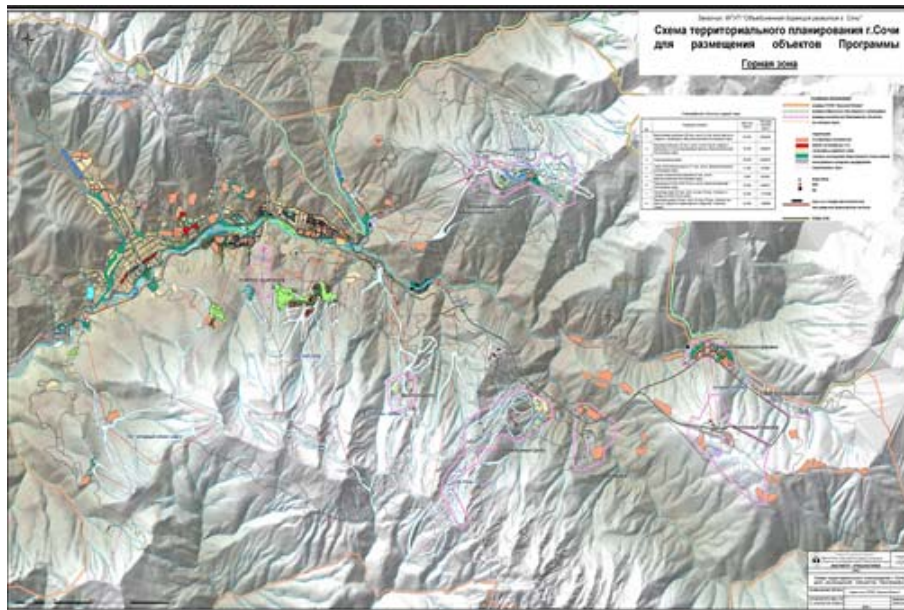


Рис.10. Планировочная структура горного кластера Сочи-2014: Красная Поляна



Рис.11. Планировочная структура берегового кластера Сочи-2014: Нижне-Имеретинская низменность

Как видно из рис.11, здесь должен быть мощный основной вид транспорта для сообщений «берег - горы» и «берег - берег»: скоростной железнодорожный, или автомобильный, или вертолетный вспомогательно-подвозочный от остановок магистрального транспорта для развоза посетителей по контрольно-закрытой территории Олимпийского парка. Учитывая ветровой режим (непродуваемость) низменности, необходим транспорт с наименьшими экологическими воздействиями – электротранспорт рельсовый.

3.1. Моделирование процесса планирования пассажиропотоков и пассажироперевозок

Базой расчета трудовых, культурно-бытовых и суммарных в сутки и в часы пик корреспонденций являются:

- 1 – таблицы расстояний и допустимого времени доставки пассажиров к целям поездки на основе схемы размещения пунктов тяготения,
- 2 – матрицы трудовых и деловых, культурно-бытовых и спортивных корреспонденций,
- 3 – построенные картограммы пассажиропотоков по основной сети

магистрального транспорта – суммарные в сутки и в час пик.

На рис.12 представлена графическая модель определения спроса на транспортные передвижения в Сочи-2014г.



Рис.12. Графическая модель определения спроса на транспортные передвижения в Сочи-2014г.

На рис.13 представлена концептуальная модель построения транспортной инфраструктуры. Из элементов 8 блоков раскроем некоторые.

Блок 1 - концепция. Бизнес-идея любой концепции развития транспортной инфраструктуры звучит так:

- **комфортные перевозки** по первому требованию местному населению и приезжим (дневное население): непрерывная мобильность потребителей услуг «от двери до двери» и «точно в срок» с минимальными затратами денег и времени;
- **доходный бизнес** обслуживающей транспортной системе города в целом и ее операторам;
- **экологическое равновесие и безопасность движения.**

Для Сочи-2014 целью концептуальных проектных предложений Генплана является **нахождение** компромиссно сбалансированных и гармоничных **решений** альтернатив транспортной инфраструктуры с соответствующим логистическим обслуживанием:

- полное освоение расчетных пассажиропотоков в сутки и по часам;
- учет конкретных условий агломерации Большой Сочи и ее значимого ядра – Центрального района г.Сочи, а также вновь проектируемого берегового и горного кластеров;

- максимально возможное снижение всех негативных факторов, включая дефицит городской территории под пешеходно-транспортные объекты, и защита среды.

Учитывая все перечисленное, автором в Генплане Сочи была предложена «рельсовая концепция» (успешно реализуемая сегодня), в которой более 70% перевозочной работы приходится на рельсовый электротранспорт различных видов и модификаций (пять).

Блок 2 - потребности в санации и строительстве призывают проектировщиков бережно относиться к сложившейся транспортно-градостроительной и планировочно-экологической ситуации.

Блок 4 - развитие по вариантам и сценариям отражает выполнение логистического требования пассажира к свободному выбору способа поездки.

Блок 6 - способность к реализации подчеркивает учет источников финансовых и технических возможностей, сроки.

Блок 7 - многокритериальная оценка вариантов позволяет установить значимость негативных и позитивных факторов (еще в 80-ые годы автором была предложена система оценки по 4 группам с 46 показателями, которые позволяют рекомендовать оптимальный вариант для пассажира, транспортного оператора и города).

Блок 8 - расчет социально-экономической эффективности предполагает обязательную оценку

логистического обслуживания по 2 системам оценки KPI и LPI.

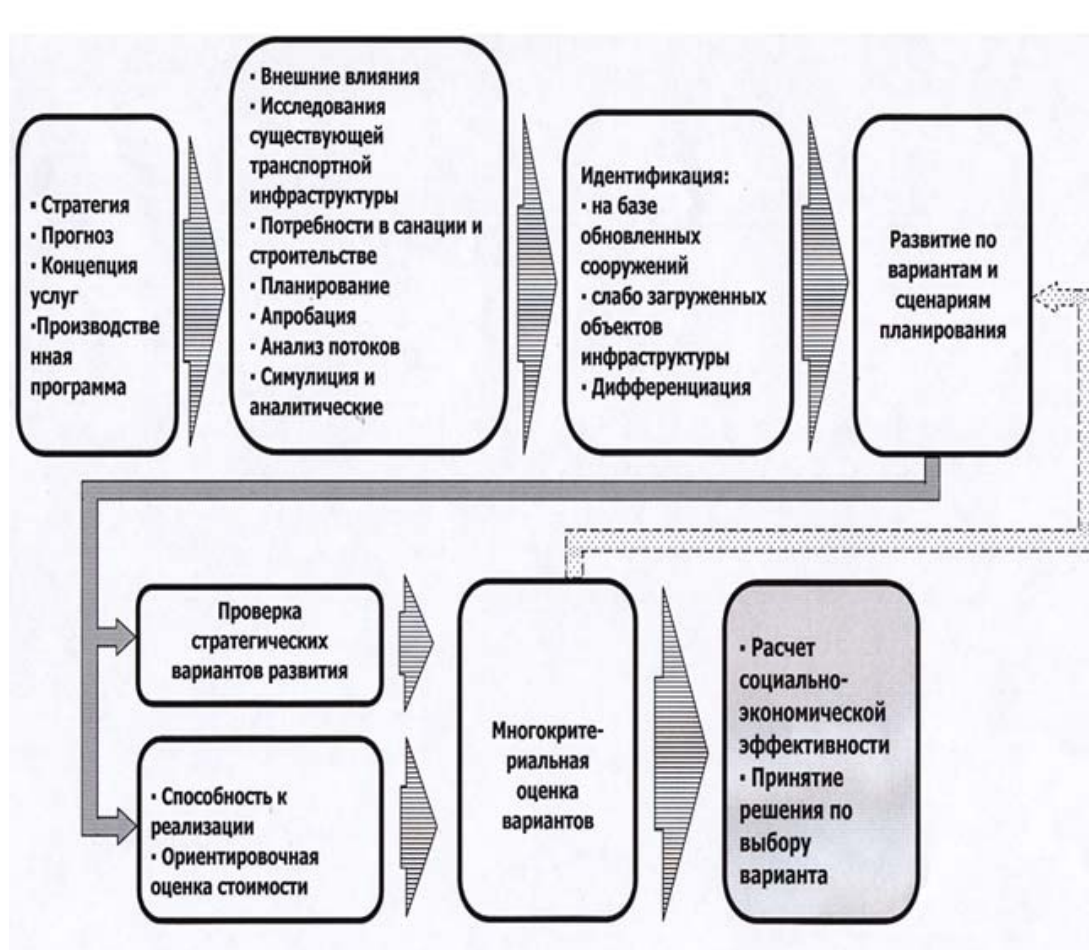


Рис. 13. Концептуальное моделирование построения транспортной инфраструктуры

Для выполнения предложенных моделей в целом и отдельных блоков необходимо вспомнить 3 основные стадии современного проектирования - **дивергенция, трансформация, конвергенция**.

Кроме того, логистический подход к транспортному обслуживанию пассажиров потребовал современных инновационных методов не только проектирования, но и мышления. Важно помнить, что технология успеха в современных условиях любого транспортно-логистического проекта – это создание **нового продукта** (рынок транспортных услуг нуждается в новом продукте), **надежность работы** реализуемого объекта и **удовлетворенность потребителя** транспортно-пассажирских услуг. Из множества многовариантных способов (методов) создания нового продукта целесообразно назвать один из последних, редко используемый проектировщиками.

Краудсорсинг (crowdsourcing) - термин впервые введен с 2006г. (Jeff Howe и Mark Robinson). **Краудсорсинг**

– извлечение идей из мусора /шума или толпы; фильтрация информации, селекция идей толпы и специалистов (англ. **crowdsourcing**, crowd — «толпа» и sourcing — «подбор ресурсов»). В противоположность **аутсорсингу** (когда работа или функции, или часть деятельности отсылается за пределы компетенции компании профессиональным исполнителям за определенные деньги) **краудсорсинг** бесплатно или за малую символическую оплату собирает «толпу» людей, специалистов-любителей для решения проблемы или даже на проведение исследований, для поиска нового или оптимального решения какой-либо задачи, для разработки инновационного продукта или функций. Если аутсорсинг был придуман, чтобы задействовать трудовые ресурсы людей, работающих в других компаниях, то краудсорсинг - для привлечения трудовых ресурсов из глобальной сети, где теоретически можно найти любое необходимое число исполнителей. **Краудсорсинг** — часть «инноваций с расчетом на пользователя». Компании-производители

товаров и услуг полагаются на пользователей не только в вопросе формулирования потребностей, но и в определении продукта (пассажи́рско-транспортных услуг) и усовершенствований их, которые бы удовлетворили эти потребности. Отличительным признаком краудсорсинга — разбивка работы на мелкие части (модули).

Учитывая все сказанное, Сочи-2014 и Сочи-2030 была разработана многоэтапная **Стратегия проектирования** на базе предложенной автором методики системного анализа и проектирования (1981г.).

Заканчивая раздел определения регламентирующих пассажиропотоков и общего объема перевозочной работы, необходимо учитывать важнейший фактор времени — **глобализацию** и связанного с ней объективного явления — **интермодальности** перевозок. Значимым фактом здесь является «**наложение**» всех видов перевозок (грузовых и пассажирских) и всех видов сообщений (в т.ч. пригородных и пригородно-городских) на железнодорожном и автомобильном транспорте на рассчитанные внутригородские пассажиропотоки и перевозки. *В Сочи при разработке Генплана был произведен прогноз интермодальных пассажиров дальнего следования и авиапассажиров, потоки которых по прибытию на железнодорожный вокзал Сочи и в аэропорт Адлер «накладываются» на внутригородской транспорт. Величину их надо учитывать при подсчете общей провозной и пропускной способности, а также интенсивности движения.*

Интермодальные пассажирские перевозки — интегрированная система доставки пассажиров в международном сообщении (несколькими видами транспорта по территории нескольких стран, по организованному маршруту и по единому проездному документу (билету), в стандартном по европейским нормативам вместимости и комфорта подвижном составе, по общей сквозной тарифной ставке «от двери до двери», иногда + отель), организованная, контролируемая и сопровождаемая одним логистом-оператором без участия пассажира и посредников. Здесь, кстати заметить, что ЕЭК ООН и ЕКМТ не дали определения интермодальной перевозки в пассажирском сообщении.

Лучшим способом реализации пассажироперевозок, включая интермодальные перевозки, является **логистика** — сквозная и «прозрачная» технология (способ) формирования потоков и управления ими «от двери до двери» по желанию потребителя транспортно-пассажирских услуг.

4. СОВРЕМЕННАЯ ПАССАЖИРСКАЯ ЛОГИСТИКА

Сейчас термин «**логистика**» является одним из наиболее распространенных в экономическом комплексе любой страны. Много понятий и публикаций. Не анализируя их, здесь поставлена цель показать авторский подход использования логистики в современном проектировании пассажирских транспортных систем, ориентированных в первую очередь на потребителя:

- роль и место логистики в социально-экономическом комплексе (рис.14);
- понятие и принципы пассажирской логистики (рис.15);
- транспорт в логистической цепи доставки пассажиров к месту назначения (рис.16).

Логистический подход позволил более четко определить бытующие сегодня понятия **КТС** (комплексная транспортная система), **ТЛС/ ТЛК** (транспортно-логистическая система или транспортно-логистический комплекс). **Транспорт** обеспечивает **схожесть** **КТС** и **ТЛС**, **логистика** обуславливает **различие** **КТС** и **ТЛС** в их функциональном использовании.

КТС — **совокупность** видов пассажирского магистрального и вспомогательного (подвозочного) транспорта со всеми обслуживающими социальными и инженерно-техническими сооружениями и средствами. **КТС** — перевозит пассажиров по участкам сети или в целом по системе. Каждый вид пассажирского транспорта в **КТС** — «**сам по себе**»:

- отвечает за *свои перевозки*,
- назначает *свои маршруты* и *графики* движения,
- подбирает *свои транспортные средства*,
- использует *свои* расходно — тарифные *ставки*,
- снижает *свои расходы*,
- суммирует *свои затраты* в конечном результате эксплуатации **КТС**.

Каждый вид пассажирского транспорта в **КТС** стремится повысить **свою конкурентоспособность** среди и за счет других видов в составе общей пассажирской транспортной системы. В рыночной экономике тенденции развития и работы отдельного вида пассажирского транспорта в **КТС** изменились: на смену целесообразности, экологичности, соответствия стандартам обслуживания и уровню удовлетворенности пассажиров пришла денежная выгода.



Рис.14. Роль и место логистики в социально-экономической комплексе



Рис.15. Понятие и принципы пассажирской логистики

ТЛС - инновационная интеллектуальная (интеллигентная) система обслуживания - транспортного и сопутствующего всех форм пассажирских перевозок «от двери до двери» и «точно в срок» на конкретной территории. **ТЛС:**

– **обеспечивает интеграцию** всех операций по доставке пассажиров от места жительства до конечной цели поездки с минимальными затратами времени и ресурсов пассажиров и транспортного оператора при максимальном

сохранения экологического равновесия в окружающей среде;

– **формирует**, организует и управляет пассажирскими потоками «от двери до двери» по желанию потребителей транспортных услуг.

В ТЛС все участники процесса работают «сообща», под «одним зонтиком ответственности» и на один **общий интеграционный результат** - **минимизация затрат** при доставке пассажира в нужное место,

в нужное время, в нужном количестве при соблюдении условий комфорта и удобства во время поездки. В ТЛС происходит не суммирование затрат, как в КТС, а **пошаговая** и пассажирских тарифов и транспортной составляющей.

совокупная оптимизация их, что приводит к экономии средств в целом, к снижению себестоимости

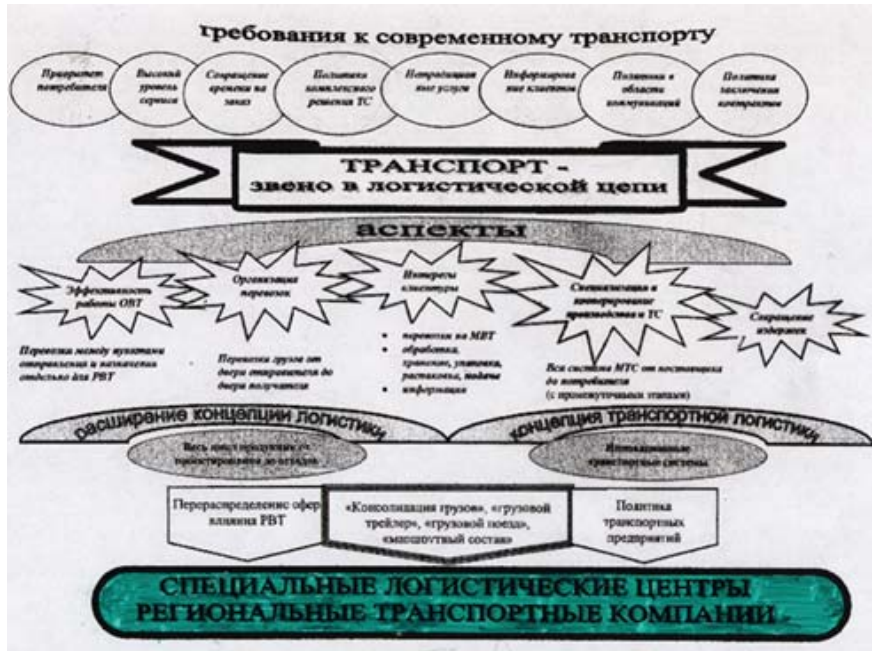


Рис.16. Роль транспорта в логистической цепи доставки пассажиров к месту назначения

Главный **инновационный принцип** ТЛС - **пассажирские услуги через “одно окно”**: 1 - перевозка, 2 – эксплуатация и стыковка всех видов общественного транспорта, 3 – подготовка и выпуск на линию транспортных средств, 4 – багажные услуги, 5 – информационно-диспетчерская деятельность, 6 – таможенно-пограничное обслуживание, 7 – пересадочные операции на остановочных пунктах, 8 – организация посадки и высадки пассажиров, 9 - коммерческо-посреднические услуги при выборе маршрутов следования и оплате за проезд, 10 – проектирование, консалтинг и инжиниринговые услуги, 11 - логистические услуги на всем пути следования пассажиров и во время остановок и др.

Лучшим **способом реализации принципа** - услуги **через “одно окно”** – является **ТЛЦ**.

Логистика, логистический подход к организации современного транспортного обслуживания экономики и социума - не панацея, а лишь рабочий инструмент на данном этапе развития. Он адекватен сложившейся ситуации, он гибок и имеет некоторые возможности (не все!) решить проблему транспортного коллапса и пробок в городах и агломерациях, в частности за счет создания интеллектуальных транспортных систем – **ИТС** (см. рис.17).



Рис.17. Реализация ИТС (ТЛС) в городах–сценарий процветания

Литература

1. Шабарова Э.В. Система пассажирского транспорта города и агломерации.-Рига, «Зинатне»,1981. – 280с.

2. Шабарова Э.В. Железная дорога в городе. -М: Транспорт, 1986. – 224с.

3. Шабарова Э.В. Основы транспортной логистики. - СПб.:ГМА им. адм. Макарова, 2002.-240с.

4. Шабарова Э.В. Генеральный план развития агломерации Большой Сочи (2007-2014-2030). Том 2.Книга 6. Транспортная инфраструктура.- М-СПб.: МосГипрогор, РосНИПИ Урбанистика, 2008.

5.Шабарова Э.В. Сочи: комплексная концепция пассажирского транспорта.- СПб.: РЖД-партнер, №16-2009. с.38-40

6. Шабарова Э.В. Зубчатая железная дорога как решение транспортной проблемы Сочи-2014.-СПб.: Транспорт Российской Федерации, №5-2009.-с.60-63

3. Шабарова Э.В. Пассажирская логистика Сочи-2014. –СПб.: ПГУПС. Юбилейный сборник «Инновации на железнодорожном транспорте-2009», с.276-288.

4. Шабарова Э.В. Организация транспортно-логистического обслуживания российских участков ЧКАДа. – Одесса. XII выставка-конференция ИНТЕР-ТРАНСПОРТ, 2013, с.329-335

References

1. Shabarova Je.V. Sistema passazhirskogo transporta goroda i aglomeracii.-Riga, «Zinatne»,1981. – 280s.

2. Shabarova Je.V. Zheleznaia doroga v gorode. -M: Transport, 1986. – 224s.

3. Shabarova Je.V. Osnovy transportnoj logistiki. - SPb.:GMA im. adm. Makarova, 2002.-240s.

4. Shabarova Je.V. General'nyj plan razvitiia aglomeracii Bol'shoj Sochi (2007-2014-2030). Tom 2.Kniga 6. Transportnaja infrastruktura.- M-SPb.: MosGiprogor, RosNIPI Urbanistika, 2008.

5.Shabarova Je.V. Sochi: kompleksnaja koncepcija passazhirskogo transporta.- SPb.: RZhD-partner, №16-2009. s.38-40

6. Shabarova Je.V. Zubchataja zheleznaia doroga kak reshenie transportnoj problemy Sochi-2014.-SPb.: Transport Rossijskoj federacii, №5-2009.-s.60-63

3. Shabarova Je.V. Passazhirskaja logistika Sochi-2014. –SPb.: PGUPS. Jubilejnyj sbornik «Innovacii na zheleznodorozhnom transporte-2009», s.276-288.

4. Shabarova Je.V. Organizacija transportno-logisticheskogo obsluzhivaniia rossijskih uchastkov

ChKADa. – Odessa. HP vystavka-konferencija INTER-TRANSPORT, 2013, s.329-335

Шабарова Е.В. ЛОГІСТИКА ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ У ВЕЛИКИХ МІСТАХ І АГЛОМЕРАЦІЇ

Розглянуто основні моменти методології проектування комплексних транспортних систем (КТС) великих міст і агломерацій і трансформації їх в системи транспортно-логістичного обслуговування (ТЛС). Положення методології ілюструються на прикладі проектування комплексної схеми транспорту Сочі-2014 і Сочі-2030 в різних ФЦП і Генплані агломерації Великої Сочі. Особливе значення приділено інноваційним видам рейкового транспорту ГСЖД, ЛЖД і ЗЖД та обґрунтуванню інтермодальних транспортних коридорів.

Ключові слова: КТС, ТЛС, логістика, методологія проектування, ГСЖД, ЛЖД, ЗЖД.

Shabarova E.V. LOGISTICS PASSENGER TRAFFIC IN LARGE CITIES AND AGGLOMERATIONS

The main aspects of design methodology of integrated transport systems (ITS) of large cities and agglomerations, and transform them into a system of transport and logistics services (TLC). The provisions of the methodology are illustrated by the example of designing an integrated circuit transport Sochi 2014 and Sochi 2030 in General Plan agglomeration Greater Sochi. Particular importance has been given an innovative type of rail and justification of intermodal transport corridors.

Keywords: TLC, logistics, design methodology.

Шабарова Э.В. - д.т.н, профессор Петербургского государственного университета путей сообщения, г. Санкт-Петербург, Россия

methodology transport corridors and assess their effectiveness

Keywords: intermodality and intermodal transportation, freight transit business, transport corridor, evaluation parameters logistics efficiency - KPI and LPI

Шабарова Э.В. - д.т.н, профессор Петербургского государственного университета путей сообщения г. Санкт-Петербург, Россия

УДК 629.45

ОСОБЕННОСТИ ЭНЕРГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАГНЕТАТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ТЕПЛОВОЗОВ

Башков В.М. , Панфилов А.М. , Шенкман Г.Л.

THE PECULIAR QUALITIES OF THE ENERGETIC CHARACTERISTICS OF THE INJECTION CHANNELS OF LOCOMOTIVES ELECTRIC TRACTION MACHINES COOLING SYSTEMS

Bashkov V.M., Panfilov A.M., Shenkman G.L.

В данной статье представлен анализ условий эксплуатации нагнетательных каналов систем охлаждения тяговых электрических машин тепловозов. Показаны схемы и условия работы централизованных систем охлаждения. Приведено сравнение систем охлаждения тяговых электрических машин тепловозов различной секционной мощности по скоростям воздуха в каналах, а также по затратам мощности на их функционирование.

Ключевые слова: нагнетательные каналы, системы охлаждения, тепловозы, затраты, эксплуатация.

Постановка проблемы. При конструировании нагнетательных воздухопроводов приходится сталкиваться с рядом специфических требований [1, 2, 3]:

- предусмотреть свободный проход для обслуживания силовой установки и вспомогательных агрегатов, что обуславливает сложную конструкцию воздухопроводов в дизельном помещении;
- обеспечить пропуск больших количеств воздуха, что ведёт к увеличению поперечных сечений воздухопроводов, далеко не всегда возможному в условиях локомотива;
- сохранять герметичность и чистоту поверхности воздухопроводов в процессе эксплуатации;
- предусматривать минимальное количество элементов, вызывающих резкое снижение скорости;
- обеспечивать необходимое распределение расходов воздуха по потребителям, путём подбора их аэродинамических сопротивлений.

Должное внимание конструированию воздухопроводов позволяет уменьшить долю аэродинамического сопротивления, а следовательно и затрат мощности на их преодоление.

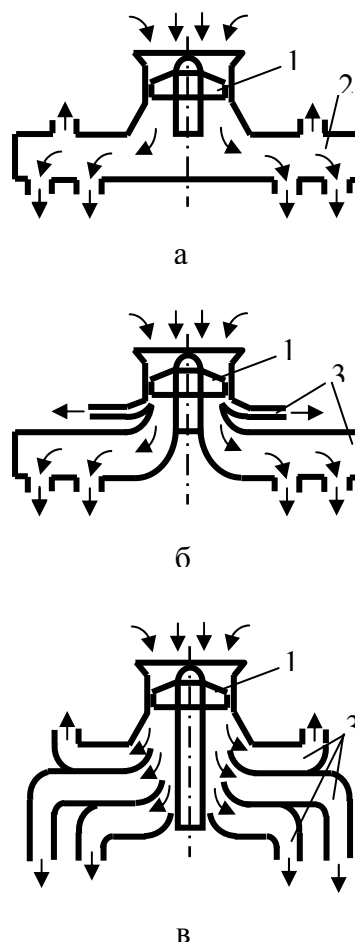


Рис. 1 Основные схемы раздачи воздуха в ЦСО [4, 5]. а - с раздачей воздуха из общего воздухопровода; б - с параллельно-последовательной раздачей; в - с параллельной раздачей. 1 – вентилятор; 2- общий воздуховод; 3 – воздухопроводы к потребителям.

Ряд исследовательских работ, по доводке централизованных систем охлаждения (ЦСО) тепловозов ТЭП70 и ТЭП75, был проведен во ВНИИТИ под руководством В.М. Назарова [4, 5].

Предложена методика оценки затрат на эксплуатацию ЦСО с учётом работы локомотива. Кроме того, им были рассмотрены три схемы раздачи воздуха в ЦСО: с раздачей из общего воздуховода (рис. 1а), с параллельно-последовательной раздачей (рис. 1б), с параллельной раздачей воздуха (рис 1в).

Первая схема отличается невысокими скоростями воздуха в общем воздуховоде. Распределение расхода воздуха по потребителям определяется в основном их собственными сопротивлениями. Возможность регулирования расходов в сторону понижения обеспечивается дросселированием выходных отверстий в общем воздуховоде. Корректировка в сторону повышения расхода ограничена низким скоростным давлением в главном воздуховоде. По данной схеме выполнена ЦСО тепловозов У-25 и 2ТЭ121. Скорость воздуха в его воздуховоде около 10 м/с.

Особенностью второй схемы является разделение потока на параллельные ветви непосредственно на выходе из вентилятора.

Регулировка распределения расходов воздуха по потребителям как в сторону увеличения, так и уменьшения, осуществляется при помощи регулировочных заслонок, установленных на входе в воздуховоды и в местах их разветвления. Такая ЦСО применена в конструкциях тепловозов ТЭП70 и ТЭП75. Скорость воздуха в воздуховодах достигает 20...26 м/с. Положительными сторонами данной ЦСО является гибкость регулировки и удобства компоновки, но при этом несколько увеличиваются затраты мощности по сравнению с первой схемой.

ЦСО, выполненные по третьей схеме, ещё не исследовались и не описаны Р.М. Назаровым, но можно предположить, что из-за равенства давления на входе в каждый из отводов, будут велики потери на дросселирование в отводах с малым сопротивлением потребителей. Это приводит к росту потерь мощности и, к значительному уровню скоростей воздуха в нагнетательных каналах.

Проведём анализ значений скоростей во всасывающих и нагнетательных каналах систем охлаждения (СО) различной секционной мощности (табл. 1) [7].

Таблица 1

Максимальные величины скоростей движения воздуха в каналах СО ТЭМ и ЭА, а также потери мощности в них

Тепловоз	Система охлаждения	Каналы всасывания	Каналы нагнетания	N вс	ΣN нагн	N^* вс	ΣN^* нагн
		V м/с			кВт		
М62	ГГ	28,0	27,7	2,29	7,4	8,41	30,2
	ПТЭД	29,9	37,8	3,9		10,5	
	ЭТЭД	26,8	33,8	1,21		11,29	
2ТЭ10Л (В,М)	ГГ	33,5	34,0	3,76	9,13	17,24	55,57
	ПТЭД	24,7	38,6	3,27		17,53	
	ЭТЭД	32,3	33,3	2,1		20,8	
2ТЭ116	ГГ	24,1	37,9	0,84	10,42	27,76	69,18
	ПТЭД	21,0	33,1	4,32		18,18	
	ЭТЭД	23,8	33,5	4,38		18,52	
ТЭ129 (V400)	ГГ	25,1	35,2	2,25	13,87	26,75	125,73
	ПТЭД	11,2	31,9	4,1	(10,61	43,1	(119,39
	ЭТЭД	11,4	33,6	2,42	без СО	45,78	без СО
	ВУ	25,8	34,6	1,84	ВГ и ПЧТ)	3,76	ВГ и ПЧТ)
2ТЭ121	ЦСО	7,4	21,1	9,37	9,37	109,12	109,13

*

С учётом потерь на преодоление сопротивления объекта охлаждения

Как видно из табл. 1, наибольшие значения скоростей имеют как всасывающие, так и нагнетательные каналы групповых СО. Это же подтверждается и затратами мощности на функционирование подобных систем, которые возрастают с ростом их секционной мощности.

К недостаткам существующих схем ЦСО следует отнести то, что при вхождении в нагнетательный воздуховод, воздух ударяется о его стенки, что создаёт дополнительную нагрузку на раму тепловоза.

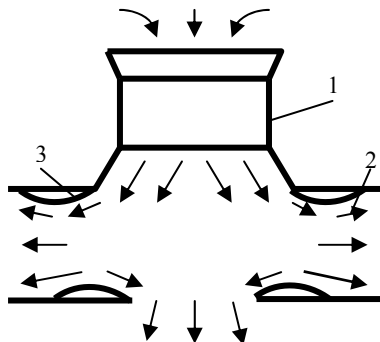


Рис. 2 Схема подачи воздуха в систему охлаждения. 1 - вентилятор; 2 – нагнетательный воздуховод; 3 – подвижный элемент

Л и т е р а т у р а

1. Компоновка охлаждающих устройств тепловозов / Ю.А. Куликов, В.П. Епифанов, В.С. Ткаля, В.И. Рягузов. –М. НИИИНФОРМТЯЖМАШ, 1968, - 53 с.

2. В.Д. Кузмич Вентиляционные системы тяговых электрических машин тепловозов. – научн. тр. /МИИТ, 1970, вып. 335. Воздухоочистители и системы воздушного охлаждения тяговых электрических машин тепловозов, с. 15...22.

3. Ю.А. Куликов, В.П. Епифанов, В.И. Рягузов. Об усовершенствовании систем охлаждения тяговых электрических машин тепловозов 2ТЭ10Л и М62 - научн. тр. /МИИТ, 1970, вып. 335. Воздухоочистители и системы воздушного охлаждения тяговых электрических машин тепловозов, с. 48...59.

4. Аэродинамические испытания вентилятора и централизованной системы охлаждения тяговых электрических машин тепловоза ТЭП70./отчёт ВНИИТИ, руководитель работы Р.М. Назаров, инв. № Б 356112, - Коломна, 1974, - 76 с.

5. Аэродинамические испытания централизованной системы воздушноснабжения и вентилятора тепловоза мощностью 6000 л.с. : Отчёт /ВНИИТИ; Руководитель работы Р,М. Назаров – И – 73 – 75, инв.№ Б484916. – Коломна,1975. – 36 с.

6. В.М. Башков, В.В. Бикадоров Система повітряного охолодження тягових електричних машин

Вывод. Задача усовершенствования системы воздушного охлаждения тяговых электрических машин тепловозов решается путём установки в нагнетательные воздуховоды подвижных элементов, выполненных по радиусу, которые обеспечивают потери давления воздуха на вход и поворот потока, при его разделе на составляющие и обеспечивают диффузорный эффект (рис. 2) [6].

тепловозів. Деклараційний патент України 9809 А 10 2005, бюл. 10.

7. Башков В.М., Епифанов В. П., Кузьмич В.Д. Оценка аэродинамических показателей систем охлаждения тяговых электрических машин и аппаратов тепловозов / В кн.: Повышение надежности и экономичности агрегатов и систем тепловозов.//Труды МИИТ.-М., 1980._Вып.663.-с 139-146.

References

1. Komponovka ohlazhdajushhijh ustrojstv teplovozov / Ju.A. Kulikov, V.P. Epifanov, V.S. Tkalja, V.I. Rjaguzov. –М. НИИИНФОРМТЯЖМАШ, 1968, - 53 s.

2. V.D. Kuzmich Ventiljacionnye sistemy tjavovyh jelektricheskijh mashin teplovozov. – nauchn. tr. /МИИТ, 1970, vyp. 335. Vozduhoochistiteli i sistemy vozdušnogo ohlazhdenija tjavovyh jelektricheskijh mashin teplovozov, s. 15...22.

3. Ju.A. Kulikov, V.P. Epifanov, V.I. Rjaguzov. Ob usovershenstvovanii sistem ohlazhdenija tjavovyh jelektricheskijh mashin teplovozov 2TJe10L i M62 - nauchn. tr. /МИИТ, 1970, vyp. 335. Vozduhoochistiteli i sistemy vozdušnogo ohlazhdenija tjavovyh jelektricheskijh mashin teplovozov, s. 48...59.

4. Ajerodinamicheskie ispytanija ventiljatora i centralizovanoj sistemy ohlazhdenija tjavovyh jelektricheskijh mashin teplovoza TJeP70./otchjot VNIITI, rukovoditel' raboty R.M. Nazarov, inv. № B 356112, - Kolomna, 1974, - 76 s.

5. Ajerodinamicheskie ispytanija centralizovanoj sistemy vozduhosnabzhenija i ventiljatora teplovoza moshhnost'ju 6000 l.s. : Otcjot /VNIITI; Rukovoditel' raboty R,M. Nazarov – I – 73 – 75, inv.№ B484916. – Kolomna,1975. – 36 s.

6. V.M. Bashkov, V.V. Bikadorov Sistema povitranogo oholozhennja tjavovyh elektrichnijh mashin teplovoziv. Deklaracijnij patent Ukraїni 9809 А 10 2005, bjul. 10.

7. Bashkov V.M., Epifanov V. P., Kuz'mich V.D. Ocenka ajerodinamicheskikh pokazatelej sistem ohlazhdenija tјagovyh jelektricheskikh mashin i apparatov teplovozov / V kn.: Povyshenie nadezhnosti i jekonomichnosti agregatov i sistem teplovozov.//Trudy MИT.-M., 1980._Vyp.663.-s 139-146.

Bashkov V.M., Panfilov A.M., Shenkman G.L. The peculiar qualities of the energetic characteristics of the injection channels of locomotives electric traction machines cooling systems.

In the paper the analysis of the operating conditions of the injection canals of locomotives electric traction machines cooling systems is presented. The schemes and the operation conditions of centralized cooling systems are shown. The comparison of the cooling systems of locomotives electric traction machines of various sectional power is given on the velocities of air in the channels, as well as on the consumption of power for their operation.

Keywords: injection channels, cooling system, diesel locomotives, operation.

Башков В.М. , Панфілов О.М. , Шенкман Г.Л. Особливості енергетичних характеристик нагнітальних каналів систем охолодження тяглових електричних машин тепловозів.

У даній статті представлено аналіз умов експлуатації нагнітальних каналів систем охолодження тяглових електричних машин тепловозів. Показано схеми і умови роботи централізованих систем охолодження. Наведено порівняння систем охолодження тяглових

електричних машин тепловозів різної секційної потужності за швидкостями повітря в каналах, а також за витратами потужності на їх функціонування.

Ключові слова: нагнітальні канали, системи охолодження, тепловози, витрати, експлуатація.

Башков В.М. - к.т.н., доц., кафедри «Компьютерные технологии на промышленном и городском транспорте», Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля, г. Луганск, Украина.

Панфилов А. М. - к.т.н., доц., кафедри «Компьютерные технологии на промышленном и городском транспорте», Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля, г. Луганск, Украина.

Шенкман Г.Л. – старший преподаватель кафедры «Компьютерные технологии на промышленном и городском транспорте», Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля, г. Луганск, Украина.

Рецензент: Губачева Л.А. проф. д.т.н.

Статья подана 5.08. 2013

УДК 621.396.6(035)

АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ СОЗДАНИЯ РАСПИСАНИЯ ВУЗОВ**Дядичев В.В., Колесников А. В., Гапонов А.В.****ANALYSIS OF INFORMATION SYSTEMS UNIVERSITY OF SCHEDULE****Dyadichev V.V., Kolesnikov A.V., Haponov A.V.**

В статье приведены основные возможности, которые предоставляют автоматизированные системы. Рассмотрены наиболее известные автоматизированные системы для составления расписания ВУЗов. Проведен анализ возможностей существующих систем, сделаны выводы о их недостатках и преимуществах одной перед другой. Сделаны выводы по соответствию существующих систем к составлению расписания.

Ключевые слова: автоматизированная информационная система, обработка данных, база данных, технологический процесс.

Введение. Автоматизированная информационная система (АИС) - это совокупность программных и аппаратных средств, предназначенных для хранения и (или) управления данными и информацией, а также для производства вычислений.

Основная цель АИС - хранение, обеспечение эффективного поиска и передачи информации по соответствующим запросам для наиболее полного удовлетворения информационных запросов большого числа пользователей. К основным принципам автоматизации информационных процессов относят: окупаемость, надежность, гибкость, безопасность, дружелюбность, соответствие стандартам[1].

АИС можно представить как комплекс автоматизированных информационных технологий, составляющих ИС, предназначенную для информационного обслуживания потребителей. Основные компоненты и технологические процессы АИС изображены на Рис. 1.

АИС могут быть достаточно простыми (элементарные справочные) и сложными системами (экспертные и др., предоставляющие прогностические решения). Даже простые АИС имеют многозначные структурные отношения

между своими модулями, элементами и другими составляющими[2]. Это обстоятельство позволяет отнести их к классу сложных систем, состоящих из взаимосвязанных частей (подсистем, элементов), работающих в составе целостной сложной структуры.

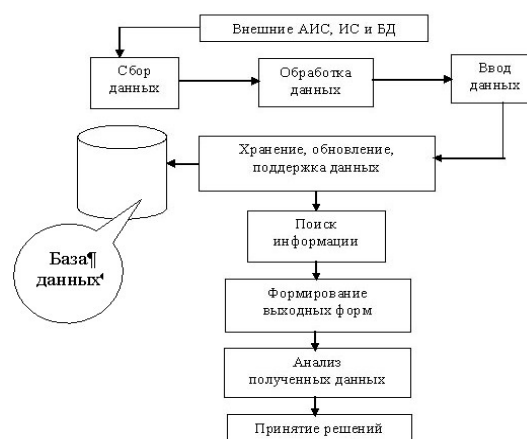


Рис. 1. Основные компоненты и технологические процессы АИС.

Основная часть. На данный момент времени сектор рынка программного обеспечения систем составления расписания занятий представлен большим количеством различных программных продуктов.

Рассмотрим несколько таких программ: «Деканат», «Ректор-ВУЗ», «АВТОР-2+», «МЕТОДИСТ».

«Деканат»

Программа учета студентов «Деканат» является средством автоматизации управления контингентом студентов. Система ИС «Деканат» имеет клиент-серверную архитектуру и включает себя базу данных на SQL Server, клиентское

приложение ИС «Деканат» и вспомогательную программу «Users Manager» для администрирования системы. Перед установкой приложения предполагается наличие сервера базы данных MS SQL Server 2000 / 2005.

ИС «Деканат» интегрирована с ИС «Планы», «Приемная комиссия», «Электронные ведомости», «Семестровые графики групп», «Карточки студентов заочной формы обучения», «Visual Testing Studio».

«Ректор-ВУЗ»

Программа предназначена для составления расписания занятий в вузах. Программа состоит из четырех разделов: «Списки», «Нагрузки», «Расписание» и «Замены».

Раздел «Списки» служит для ввода, редактирования и печати списков кафедр, специальностей, групп, дисциплин, аудиторий, преподавателей и видов занятий. Раздел «Нагрузки» используется для ввода, редактирования и печати учебных планов по каждой специальности, нагрузок преподавателей, графиков распределения часов по неделям в пределах семестра, отчетов по загрузке преподавателей, кафедр и вуза в целом. Раздел «Расписание» предназначен для составления расписания по группам, преподавателям, аудиториями и вузу в целом. Раздел «Замены» позволяет оперировать заменами преподавателей[5].

Расписание занятий можно составлять в автоматическом, ручном или комбинированном режиме; переходить от одного режима к другому можно в любой момент времени. При составлении расписания в автоматическом режиме программа учитывает все сформулированные требования к расписанию. При составлении расписания в ручном режиме программа подсказывает возможные варианты расстановки уроков выбранного преподавателя, возможные варианты заполнения пустых клеток в расписании группы, следит за количеством мест в аудиториях.

Готовое расписание занятий одного, всех или некоторых групп и преподавателей можно сохранить в форматах Microsoft Word, Excel или HTML.

«АВТОР-2+»

Система АВТОР-2+ предназначена для быстрого и удобного составления расписаний занятий и сопровождения их в течении всего учебного года

АВТОР-2+ - универсальная система. Есть несколько версий программы, рассчитанные на ЛЮБЫЕ учебные заведения:

- средние и специализированные (математические, языковые и т.п.) школы, лицеи, гимназии;

- техникумы, училища и колледжи;
- ВУЗы с одним учебным корпусом;

- ВУЗы с несколькими учебными корпусами (с учетом переездов между корпусами).

АВТОР-2+ позволяет максимально облегчить и автоматизировать сложный труд составителей расписания. Система помогает легко строить, корректировать и распечатывать в виде удобных и наглядных документов:

- расписания занятий классов (учебных групп);
- расписания преподавателей;
- расписание аудиторий (кабинетов);
- учебные планы;
- тарификацию.

АВТОР-2+ имеет приятный дизайн и дружелюбный сервис. Программа достаточно проста в освоении. Имеется подробное руководство, в котором описаны все возможности и способы работы с программой.

Программа отличается уникальным и очень мощным алгоритмом построения и оптимизации расписания. Полученное автоматическое расписание практически не требует ручной доработки, то есть даже при очень сложных и жестких ограничениях автоматически размещаются ВСЕ возможные занятия. Если в исходных данных имеются неразрешимые противоречия, то их можно обнаружить и устранить, используя специальный блок анализа.

АВТОР-2+ позволяет:

- оптимизировать "окна" в расписании;
- учитывать требуемый диапазон дней/часов как для классов, так и для преподавателей;
- оптимально размещать занятия по кабинетам (аудиториям) с учетом особенностей классов, предметов, преподавателей и вместимости кабинетов;
- учитывать характер работы и пожелания как штатных сотрудников, так и совместителей-почасовиков;
- легко соединять ("спаривать") несколько классов (учебных групп) в потоки при проведении любых занятий;
- разделять классы при проведении занятий по иностранному языку, физической культуре, труду, информатике (и любым другим предметам) на любое количество подгрупп (до десяти!);
- вводить (помимо основных предметов) Спецкурсы и Факультативы;
- оптимизировать равномерность и трудоёмкость расписания.

АВТОР-2+ является авторской программой с уникальными возможностями. Алгоритм автоматического построения расписаний занятий является оригинальной авторской разработкой, позволяя находить оптимальные решения при очень сложных исходных данных[6].

«МЕТОДИСТ»

Программный

комплекс поставляется в двух вариантах Стандарт и Virtual. Он позволяет решать следующие основные задачи:

- Распределение и контроль учебной нагрузки
- Учет методических рекомендаций и личных пожеланий преподавателей ("окна", метод. дни, теннис по четвергам, день рождения сына, ...)
- Строгое выдерживание последовательности прохождения дисциплины (лекции - 2 час., практические - 4 час., лабораторные ...)
- Составление расписания для любого типа учебного заведения: недельное или семестровое (от 1 до 23 недель)
- Учет объединения групп (классов) в потоки и/или разбиение их на подгруппы
- Формировать смены / конфигурации с произвольным составом групп со своим учебным графиком (кол-во учебных дней, кол-во пар / уроков, учет национальных праздников и т.п.)
- Закрепление специальных аудиторий (компьютерные классы, лингафонные кабинеты, бассейны, ...)
- Учет занятости преподавателей и аудиторий (совместительство, использование общей учебной базы)
- Учет времени переходов между корпусами
- Выходные и праздничные дни - общие и для отдельных учебных групп (национальные, религиозные, государственные праздники)
- Указание причин "неудачного назначения" занятий (занята аудитория, преподаватель назначен в нежелательный для него день недели) с возможностью их "ручного" исправления
- Возможность многократного автоматического "улучшения" расписания
- Возможность изменения значимости учитываемых при составлении расписания факторов

Кроме основных, поможет решить целый ряд вспомогательных задач.

Методист создаст приемлемое расписание за несколько минут, хорошее - за пару часов, более успешное ... - все зависит от располагаемого времени, которое Вы определите сами. Продолжать работу можно многократно.

Даже для весьма экзотических условий (разнородные лица и колледж, в двух корпусах университета, в разных частях города, с большим количеством совместителей, с ... - список может быть весьма длинный) позволяет получить хорошую "болванку" которую "разведет" опытный специалист не утруждая себя рутинной (часы, дисциплины, преподаватели будут распределены правильно).

Многие учебные планы предусматривают организацию практик, стажировок, сессий в одних учебных группах при продолжении занятий в других. Методист позволяет составить расписание на весь семестр с учетом занятости преподавателей и учащихся на этих мероприятиях.

Формы представления расписания дают возможность распечатывать его непосредственно для использования или экспортировать в другой редактор для придания желаемой формы.

Расписание в может быть получено для любой учебной группы (класса), аудитории или преподавателя.

Не последнюю роль играет встроенная система проверки ошибок, допускаемых при вводе данных. Он обязательно предупредит Вас о несоответствии общей суммы часов по дисциплине и по отдельным видам занятий, о том, что указанная желаемая аудитория не вместит все группы потока на лекции и мн. др.

Методист имеет дружелюбный интерфейс и не требует для работы специальных знаний, кроме минимальных навыков работы в Windows-среде. Вы можете выбрать любой из трех языков (украинский, русский, английский) для работы.

Снабжен программой встроенной помощи и подсказками, появляющимися в нужные моменты.

Требует введения списков учебных групп, преподавателей, дисциплин, аудиторий и т.п., что является достаточно трудоемким процессом, НО эта информация в рамках одного учебного заведения достаточно консервативна и впоследствии потребует лишь незначительных изменений.

Работает на любом IBM-совместимом компьютере под управлением Windows'95/98 и Windows NT.

Программный комплекс Методист состоит из трех модулей :

1. МЕТОДИСТ-УЧасть - "Учебная часть"

Модуль является составной частью программного комплекса МЕТОДИСТ. С ним работают специалисты учебной части (отдела), завуч. Он является центральной координирующей частью комплекса.

Здесь вводятся все исходные данные, а также проводится просмотр и печать готового расписания.

При отсутствии в учебном заведении разбиения на кафедры, в нем могут быть проведены все подготовительные действия для составления расписаний, без заполнения заявок непосредственно на кафедрах (см. модуль КаЗа).

2. МЕТОДИСТ-КаЗа - "Кафедральна Заявка"

Модуль предназначен для заполнения заявок кафедр (преподавателей) на проведение занятий. Заявка составляется для каждой дисциплины каждой учебной группы (класса). Она может

заполняться методистом или сотрудниками кафедры, для чего формируются специальные папки для каждой кафедры.

В заявке указываются конкретные преподаватели, что и в какой подгруппе они проводят, последовательность прохождения дисциплины, желаемые аудитории, распределение часов по неделям, пожелания к составлению расписания.

3. МЕТОДИСТ-ФОР - "ФОРмирование Расписания"

Модуль предназначен для составления расписания занятий.

В нем можно задавать общее время решения задачи, изменять степень влияния различных учитываемых факторов, вводить "начальные условия" (по вторникам спортзал занят, а Шатрова Е.Н. в понедельник на второй паре занята в университете, ...), изменять готовое расписание.

Модуль поставляется только с версией стандарт. При использовании версии virtual, модуль поставляется по отдельному заказу и работоспособен для формирования расписания только в соответствии с конкретными исходными данными.

Постановка задач создания более рациональной. Так как ни одна система не отвечает в полном объеме требованиям, то нашей задачей стала разработка более рациональной системы создания расписания. При проведении анализа выяснилось, что более удобным и выгодным для ВУЗА будет использование программного обеспечения MS Access[8].

Microsoft Access обладает мощными, удобными и гибкими средствами визуального проектирования объектов с помощью Мастеров, что позволяет пользователю при минимальной предварительной подготовке довольно быстро создать полноценную информационную систему на уровне таблиц, запросов, форм и отчетов. К основным возможностям СУБД Microsoft Access можно отнести следующее:

- проектирование базовых объектов
- двумерные таблицы с полями разных типов данных.
- создание связей между таблицами, с поддержкой целостности данных, каскадного обновления полей и каскадного удаления записей.
- ввод, хранение, просмотр, сортировка, изменение тавибирка данных из таблиц с использованием различных средств контроля информации, индексирования таблиц и аппарата алгебры логики.

Access – это база данных, которая не только структурирует и сопоставляет данные, но и позволяет настраивать работу под свои нужды и требования, предоставляет возможность редактирования данных.

Пользователи могут импортировать данные из множества внешних источников (таких как Microsoft Excel, Microsoft SQL Server, Microsoft Outlook и т. д.) и создавать связи с ними. Данные также можно собирать и обновлять по электронной почте — сервер для этого не требуется.

Добавленные в Microsoft SharePoint Server 2010 службы Access позволяют размещать базы данных в Интернете с помощью технологии веб-баз данных.

Совместно использовать базы данных стало намного удобнее. Обращаться к базам, просматривать и редактировать их можно непосредственно через Интернет. Пользователи, у которых нет клиента Access, могут открывать веб-формы и отчеты через браузер. Изменения при этом синхронизируются автоматически.

Выводы. В статье рассмотрены существующие решения для автоматизации систем составления расписания ВУЗов, среди которых выделены четыре наиболее надежных и распространенных. Проведя сравнительный анализ этих четырех систем можно сделать вывод, что ни одна система не отвечает необходимым требованиям в полном объеме. В следствии этого приходим к двум решениям. Первое решение заключается в необходимости изменения существующих систем, что требует дополнительных средств, считая стоимость самой системы. Второе решение - это разработка собственной системы управления для составления расписания ВУЗов.

Литература

1. William S. Davis, David C. Yen The Information System Consultant's Handbook. Systems Analysis and Design. — CRC Press, 1998. — 800 с. — ISBN 0849370019
2. Коголовский М.Р. Перспективные технологии информационных систем. — М.: ДМК Пресс; Компания АйТи, 2003. — 288 с. — ISBN 5-94074-200-9
3. Коголовский М.Р. Энциклопедия технологий баз данных. — М.: Финансы и статистика, 2002. — 800 с. — ISBN 5-279-02276-4
4. Intel® «Обучение для будущего» при поддержке Microsoft®: официальный Web-сайт программы. 2002-68с.
5. Поздняк Евгений Сергеевич, Попов Вадим Витальевич создатели программы «ДЕКАНАТ»
6. Электронный ресурс. — Режим доступа: <http://www.rector.spb.ru> y
7. Ульман Д., Уидом Д. «Основы реляционных баз данных», 2006 - С. 48-55.
8. Баженова И.Ю. «Основы проектирования приложений баз данных», 2009 - С. 78-83.

1. 1. William S. Davis, David C. Yen The Information System Consultant's Handbook. Systems Analysis and Design. — CRC Press, 1998. — 800 s. — ISBN 0849370019

2. 2. Kogalovskij M.R. Perspektivnye tehnologii informacionnyh sistem. — M.: DMK Press; Kompanija AjTi, 2003. — 288 s. — ISBN 5-94074-200-9

3. 3. Kogalovskij M.R. Jenciklopedija tehnologij baz dannyh. — M.: Finansy i statistika, 2002. — 800 s. — ISBN 5-279-02276-4

4. 4. Intel® «Obuchenie dlja budushhego» pri podderzhke Microsoft ®: oficial'nyj Web-sajt programmy. 2002-68s.

5. 5. Pozdnjak Evgenij Sergeevich, Popov Vadim Vi-tal'evich sozdateli programmy «DEKANAT»

6. 6. Jelektronnyj resurs. — Rezhim dostupa: <http://www.rector.spb.ru> u

7. 7. Ul'man D., Uidom D. «Osnyovy reljacionnyh baz dannyh», 2006 - С. 48-55.

8. 8. Bazhenova I.Ju. «Osnyovy proektirovanija pri-lozhenij baz dannyh», 2009 - S. 78-83.

Дядичев В.В., Колесніков А.В., Гапонов О.В. Козлов Л.Г. Аналіз інформаційних систем створення розкладу ВНЗ.

У статті наведені основні можливості, які надають автоматизовані системи. Розглядаються найбільш відомі автоматизовані системи для складання розкладу ВНЗ. Проведено аналіз можливостей існуючих систем, зроблено висновки про їх недоліки та переваги однієї перед іншою. Зроблено висновки щодо відповідності існуючих систем до складання розкладу.

Ключові слова: автоматизована інформаційна система, обробка даних, база даних, технологічний процес.

Dyadichev V.V., Kolesnikov A.V., Haponov A.V. Козлов Л.Г. Analysis of information systems university of schedule

The article presents the main features that provide automated systems. Considered the most well-known automated system for scheduling of higher education. The analysis of the capabilities of existing systems and draw conclusions about their advantages and disadvantages of one over the other. The possibilities of using databases for storing and editing schedules. The possible options for database protection against possible attacks. The article discusses options for conversion complete schedule in different file formats and the ability to organize them into a network and then edit. The conclusions on the relevance of existing systems for scheduling.

Keywords: automated information system, data processing, database, techno-sky process.

Дядичев В.В. — д.т.н., професор кафедри комп'ютерні науки, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, м. Луганськ, Україна, e-mail: dvv@snu.edu.ua

Колесніков А.В. — к.т.н., доцент кафедри комп'ютерні науки, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, м. Луганськ, Україна, e-mail: angeykav@mail.ru

Гапонов А.В. — старший викладач кафедри комп'ютерні науки, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, м. Луганськ, Україна, e-mail: gjurz@mail.ru

Рецензент: Погорелов О.О., д.т.н., проф.

Стаття подана 8.09.2013

УДК 656.078

СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ ВАГОНОСТРОЕНИЯ НА ЧАО «НПЦ «ТРАСМАШ» до 2020 года

Мокроусов С.Д., Анофриев А.Д., Найш Н.М., Макаров К.В.

THE DEVELOPMENT STRATEGY OF RAILCAR BUILDING AT PRIVATE J-SC Sc. «PC « TRASMASH» 2020

Mokrousov S.D., Anofriev A.D., Naish N.M., Makarov K.V.

В данной статье рассмотрены стратегии развития вагоностроения на производственном предприятии до 2020 года. Предложено совершенствование отдельных видов вагонов и отдельных составляющих этих вагонов. Приведены основные требования по изделиям и их составляющим.

Ключевые слова: вагоны, стратегия, экономическая ситуация, специальный подвижной состав, хопперы, крытые вагоны, платформы.

Постановка проблемы. Экономическая ситуация сложившаяся в настоящее время на постсоветском пространстве, усугубляемая

кризисом в мировом масштабе, не могла не повлиять на производство железнодорожного подвижного состава. В условиях профицита парка полувагонов заводы переключают свои производственные мощности на изготовление специализированного подвижного состава. В представленной ниже таблице показано перераспределение выпуска различных видов вагонов. Представленные данные свидетельствуют о значительном увеличении выпуска хопперов, крытых вагонов и стабильности выпуска платформ.

Таблица 1

Выпуск отдельных видов подвижного состава в период 2010-2013г.

Наименование изделия	Процентное отношение объемов выпуска изделия к общему объему по годам, %			
	2010	2011	2012	2013
Полувагоны	60,31	68,2	64,6	40,8
Цистерны	25,4	19	22,6	29
Крытые вагоны	4	3,6	4,7	8
Хопперы	6,6	3,1	2,8	16,7
зерновоз	3,5	0,2	0,7	7,7
цементовоз	0,3	0,3	1,6	6
другие	2,8	2,6	0,5	3
Платформы	2,96	3,96	4,77	4
универсальные	0,85	2,16	2,05	1,46
фитинговые	2,01	1,8	2,72	2,54

Перераспределение выпуска приведенных видов вагонов остается стабильным в настоящее время. Указанное позволяет считать обоснованным актуальность в сложившейся ситуации производство крытых вагонов, платформ и вполне перспективным направление создания и тиражирование платформ для перевозки крупнотоннажных контейнеров в два

яруса. При детальном рассмотрении технических параметров выпускаемых, а следовательно востребованных вагонов, можно заключить, что вагоны не меняющие своего назначения претерпевают изменения в части оптимизации конструктивных особенностей и технических характеристик для удовлетворения требований рынка. Поэтому одним из направлений стратегии

развития предприятия в настоящее время является модернизация серийно выпускаемых вагонов, заключающаяся в оптимизации технических параметров последних и внедрение конструктивных изменений по усовершенствованию их показателей.

Результаты исследований

1 Предложения по совершенствованию отдельных видов вагонов

1.1 Вагоны - хопперы крытые

- усовершенствование конструкции вагона в части доведения технических параметров вагона до уровня лучших среди вагонов выпускаемых за последнее время;

- снижение массы тары вагонов, и как следствие увеличение грузоподъемности за счет новых материалов и профилей, применение различного рода композитных материалов и нержавеющей сталей и сплавов, пересмотра расположения силовых элементов в расчетной схеме вагона. Это же повлияет на увеличение срока службы вагона (за рубежом для изготовления кузовов грузовых вагонов широко применяются алюминиевые сплавы, что позволяет значительно сократить массу тары с соответствующим увеличением веса груза. Лучшие мировые образцы хопперов имеют массу тары 17 – 23 тонны при грузоподъемности 117 – 120 тонн.);

- внедрение вариантов механизации разгрузки. Использование пневморазгрузки позволит уменьшить время разгрузки вагонов на пунктах приема груза, производить разгрузку в автоматическом режиме над баржей. Хопперы с пневморазгрузкой серийно выпускаются хорошо зарекомендовали себя в эксплуатации. Возможны конструктивные усовершенствования за счет применения поворотного пневмодвигателя расположенного непосредственно на приводном валу механизма что позволит получить хороший результат, как для собственных вагонов, так и для модернизации аналогичных.

1.2 Платформы

- наиболее приемлемой для разработки и освоения в ближайшее время является 40-футовая платформа с нагрузкой на ось 25 тс.

Основания для такого вывода следующие:

- стабильный спрос на продукцию;

- возможность использования большого модельного ряда на единой базе:

1) универсальная платформа;

2) платформа для колесной и гусеничной техники;

3) контейнерная платформа;

4) платформа для лесоматериалов и леса;

5) платформа с колпаком (для грузов требующих укрытия от атмосферных осадков.

- унификация отдельных узлов вагона с узлами вагонов, которые уже есть в "портфеле разработок" предприятия.

- также предлагается разработка специализированной длиннобазной платформы для контрейлерных и контейнерных перевозок, с возможностью модернизации для перевозки рефрижераторных контейнеров; специализированной платформы для перевозки крупнотоннажных контейнеров в два яруса (В перспективе в соответствии со "Стратегией РЖД-2030" планируется специализация БАМа для пропуска тяжеловесных поездов, а Транссиба – для пропуска **специализированных контейнерных поездов**).

1.3 Крытые вагоны

- проектирование универсального крытого вагона с секционным исполнением кузова, полностью отвечающего требованиям к вагонам нового поколения и имеющего лучшие технико-экономические показатели и модульную конструкцию составляющих элементов, что дает возможность его модернизации в специализированные (рефрижераторные и т.п.)

- понижение центра тяжести кузова с целью повышения устойчивости при увеличенных скоростях.

1.4 Цистерны

- модернизация сливного прибора с целью улучшения как показателей сохранности груза, так и скорости и качества разгрузки;

- проектирование цистерны для вязких нефтепродуктов с параметрами лучшими среди серийно выпускаемых.

1.5 Полувагоны

- снижение массы тары вагонов, и как следствие увеличение грузоподъемности за счет внедрения новых материалов, в том числе с изменением сечений профилей, и расположением силовых элементов в расчетной схеме вагона;

- унификация узлов и деталей с другими типами вагонов которые планируются к внедрению с целью уменьшения трудоемкости при их изготовлении;

- разработка вариантов механизации разгрузки люковых полувагонов с целью исключения повреждаемости вагонов грейферами при разгрузке, возможности разгрузки вагонов над баржами;

- внедрение тележки с нагрузкой на ось 25 тс с новыми тормозными приборами с целью соответствия последним требованиям рынка и обеспечения конкурентоспособности на постсоветском пространстве.

2 Предложения по совершенствованию отдельных составляющих вагонов

2.1 Тележки

- разработка модельного ряда тележек на единой базе с изменяющимися характеристиками

под требования заказчика и в соответствии с ЕСКД и НТД;

- нагрузка на ось 23,5-35тс;
- конструкционная скорость 120км/ч - 160км/ч в зависимости от нагрузки на ось;
- возможность модификации на колею 1435 мм;

- буксовый узел балансирного типа с возможностью обточки колесной пары без демонтажа крепления;

- исполнение УХЛ категории размещения I по ГОСТ 15150-69;

- отнесение авторежима, тормозного цилиндра, авторегулятора, возможно резервуара к тележке;

- наличие дисковых тормозов и противоюзных устройств для скоростей 140-160км/ч;

- увеличенные сроки службы, межремонтных пробегов за счет применения в колесных парах кассетных подшипников (хорошо зарекомендовавших себя), увеличенного запаса прочности силовых несущих элементов;

- рамная конструкция с обрессоренным буксовым узлом;

- использование конических пружин в рессорном подвешивании (изменяемые параметры прогибов при изменении нагрузки, увеличенная устойчивость от продольных перемещений в виду этого уменьшение перемещений колесных пар относительно рамы тележки)

- конструкция должна обеспечивать полную взаимозаменяемость одноименных составных частей и комплектующих.

2.2 Тормозные приборы и автосцепные устройства

- поглощающий аппарат нового поколения. Необходимо проанализировать мировые тенденции, имеющиеся разработки и подготовить ТЗ для согласования с ж.д. администрациями. Провести научно-исследовательскую работу и опытно-конструкторскую работу (НИР и ОКР) и внедрить;

- принципиально новая система воздухопровода - без воздухораспределителя, с тормозным цилиндром со встроенным авторегулятором, авторежимом отнесенным к каждой из тележек, возможно без воздушного резервуара, изменения по материалу труб и их креплениям. Провести НИР и ОКР и внедрить;

- создание конструкции автосцепного устройства оснащенного автосоединителем тормозных магистралей вагонов

3 Общие требования по изделиям и их составляющим

3.1 Внедрение конструктивных и технологических изменений связанных с обеспечением увеличения скоростей движения, осевых нагрузок, межремонтных пробегов, сроков

службы, снижения трудоемкости изготовления, обслуживания и стоимости жизненного цикла изделий.

3.2 Обеспечение соответствия вагонов и их составляющих нормативно-технической документации, международным стандартам с поэтапным и поэтапным их внедрением.

3.3 Организация гарантийного и сервисного обслуживания продукции, поставок необходимых запчастей и ремонтного оборудования.

3.4 С целью обеспечения современной тенденции железнодорожной индустрии - "гибкость" во всем, на предприятии, с учетом анализа материалов, как дальнего, так и ближнего зарубежья, планируются и ведутся инновационные разработки по созданию и производству "линейки" вагонов, в том числе, универсальных моделей, позволяющие в сжатые сроки осуществить переход на выпуск наиболее востребованных потребителями вагонов. На этапе разработки обеспечивается внедрение систем неразрушающего контроля, безразборной диагностики, определяются показатели ремонтпригодности, легкодоступности и надежности.

3.5 Все инновационные разработки подлежат технико-экономическому обоснованию, расчету и оценке стоимости жизненного цикла и при положительных результатах оформлению интеллектуальной собственности предприятия и разработчиков на базе договорных обязательств.

3.6 Одной из определяющих составляющих стратегии предприятия, на ближайшее будущее, являются маркетинговые исследования. Их направленность должна дать исчерпывающий анализ разделенный по территориям СНГ, Европа, Азия, Африка с точки зрения ввода в эксплуатацию новых железнодорожных линий, перемещений добываемого сырья из новых месторождений полезных ископаемых, строительства новых грузовых портов и приемных пунктов и т.д.

Вывод. Указанное позволит прогнозировать динамику объемов перевозок грузов, их типы и направления, а соответственно предопределить востребованность видов грузового подвижного состава, что и будет являться основой производственной стратегии предприятия до 2020 года.

Литература

1 Вагоны: Учеб.для Вузов ж.д. транспорт./ Под ред. Л.А. Шадура - М.:Транспорт, 1980. -139 с.

2 Цыган Б.Г., Мокроусов С.Д. Современное вагоностроение // Техностандарт/ Харьков, 2008.

3 Программа развития рельсового подвижного состава Укрзалізнички на 2008-2020г.

4 ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия

эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды.

References

1 Vagony: Ucheb.dlja Vuzov zh.d. transport./ Pod red. L.A. Shadura - M.:Transport, 1980. -139 s.

2 Cygan B.G., Mokrousov S.D. Sovremennoe vagonostroenie // Tehnostandart/ Har'kov, 2008.

3 Programma razvitija rel'sovogo podvizhnogo sostava Ukrzaliznyci na 2008-2020g.

4 GOST 15150-69 Mashiny, pribory i drugie tehnicheckie izdelija. Ispolnenija dlja razlichnyh klimaticheckih rajonov. Kategorii, uslovija jekspluatcii, hranenija i transportirovanija v chasti vozdejstvija klimaticheckih faktorov vneshnej sredy

—
Mokrousov S.D., Anofriev A.D., Naish N.M., Makarov K.V. The developmen strategy of railcar building at Private J-SC Sc. PC «TRASMASH» 2020

This article discusses the development strategy of car building a manufacturing plant until 2020. Proposed improvement of certain types of vans and composes these cars. Is given the basic requirements for products and their components.

Keywords: cars, the strategy, the economic situation, the special rolling stock, hoppers, box cars, platforms.

Мокроусов С.Д., Анофрієв А.Д., Найшов Н.М., Макаров К.В. Стратегія розвитку вагонобудування на ПрАТ «НВЦ» ТРАСМАШ» до 2020 року

У даній статті розглянуто стратегії розвитку вагонобудування на виробничому підприємстві до 2020 року. Запропоновано вдосконалення окремих видів вагонів і окремих складових цих вагонів. Приведено основні вимоги по виробках і їх складовими.

Ключові слова: вагони, стратегія, економічна ситуація, спеціальний рухомий склад, хопери, криті вагони, платформи.

Мокроусов С.Д. - генеральний директор, (ПрАТ «НВЦ «ТРАНСМАШ», Луганськ).

Анофрієв А.Д. - директор по вагоностроєнню, (ПрАТ «НВЦ «ТРАНСМАШ», Луганськ).

Найш Н.М. - директор центра науко-технічного розвитку, (ПрАТ «НВЦ «ТРАНСМАШ», Луганськ).

Макаров К.В. - начальник конструкторско-технологічного відділу по вагоностроєнню (ПрАТ «НВЦ «ТРАНСМАШ», Луганськ).

УДК 621.762.1

ИССЛЕДОВАНИЕ УПЛОТНЕНИЯ ПОРОШКОВОЙ СРЕДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ ПЛАСТИЧНОСТИ НЕСЖИМАЕМОГО ЖЕСТКО-ПЛАСТИЧЕСКОГО ТЕЛА

Стоянов А.А.

INVESTIGATION of DENSIFICATION of POWDERED MEDIUM With the use of PLASTICITY THEORY of INCOMPRESSIBLE RIGIDLY-PLASTIC BODIES

Stoyanov A.

Рассмотрены вопросы разработки математической модели для анализа уплотнения пористой порошковой среды с использованием теории пластичности несжимаемого жестко-пластического тела. Выполнено численное моделирование с помощью программы Fort 3D процесса прессования детали "штулка". Найдено распределение пористости по сечению заготовки в фиксированный момент прессования.

Ключевые слова: порошковая среда, уплотнение, пористость, пластичность, формоизменение, жестко-пластическое тело.

Постановка проблемы. Технология порошковой металлургии предоставляет широкие возможности в производстве деталей транспортных машин. Для получения заданных характеристик деталей необходимо оптимизировать технологические параметры уплотнения порошковой среды.

– **Анализ последних исследований и публикаций.** Уплотнение пористых материалов при пластическом формоизменении осуществляется как за счет изменения относительного положения контактирующих частиц, так и за счет их собственной деформации. При этом уменьшение объемного содержания пор вызывается, главным образом, относительным перемещением частиц, которое сопровождается интенсивным сдвигом в локальных областях контакта. Собственная деформация частиц, сопровождающаяся внутренним сдвигом, обычно затруднена, и в меньшей степени способствует закрытию пор. Таким образом, развитие этих процессов определяется интенсивностью деформаций в локальных объемах материала. Анализ уплотнения должен включать построение адекватной математической модели поведения пористого тела и исследование механики

процесса формоизменения. Возникающие при этом трудности в некоторых случаях можно преодолеть, построив верхне-граничные (разрывные) решения для сжимаемого жестко-пластического тела [1].

– В работах [2, 3] на основе исследования механики процесса формоизменения, предложен подход к построению математической модели поведения пористого тела, позволяющий сводить решение задач формоизменения пористого материала к существующим решениям для несжимаемого жестко-пластического тела. В этом случае оно рассматривается как частный случай более общей модели сжимаемого материала, определяющие уравнения которого, в свою очередь, соответствуют теории пластического течения Леви-Мизеса.

Цель работы заключается в разработке математической модели для анализа уплотнения пористой порошковой среды с использованием теории пластичности несжимаемого жестко-пластического тела.

Результаты исследований. Пористость порошкового материала при уплотнении может изменяться в широких пределах. На конечных стадиях она обычно достаточно мала ($\vartheta \ll 1$), а в предельном состоянии – отсутствует ($\vartheta \rightarrow 0$). Исходя из этого, текущую пористость ϑ можно принять в качестве параметра, определяющего поведение пористой среды при пластическом течении. Это позволяет записать решение для напряжений σ_{ij} и скоростей ξ_i пористого материала в линеаризованном виде [4]:

$$\sigma_{ij} = \sigma_{ij}^0 + \vartheta \cdot \sigma_{ij}'' , \quad \xi_i = \xi_i^0 + \vartheta \cdot \xi_i'' , \quad (1)$$

где σ_{ij}^0, ξ_i^0 – решение для несжимаемого материала ($\vartheta = 0$); σ_{ij}'' , ξ_i'' – функциональные коэффициенты, которые должны быть определены в процессе решения.

Эффективность данного подхода определяется возможностью использования хорошо разработанного аппарата теории несжимаемых жестко-пластических тел [5] для построения приближенных решений пластического формоизменения порошковых материалов.

Запишем общий вид условия пластичности сжимаемого жестко-пластического материала:

$$f(I_1, J_2, J_3) = 0. \quad (2)$$

Наиболее простой зависимостью типа (2), имеющей хорошее физическое обоснование, является [6]:

$$f = \gamma \cdot J_2 + \alpha \cdot I_1^2 - \sigma_s^2, \quad (3)$$

где I_1, J_2 – инварианты тензора и девиатора напряжений;

$\alpha = \alpha(\vartheta), \gamma = \gamma(\vartheta)$ – функции пористости;

σ_s – предел текучести твердой фазы порошкового тела.

При $\alpha(0) = 0, \gamma(0) = 3$ уравнение (3) соответствует условию пластичности Мизеса. Ассоциированный с (3) закон течения дает для скоростей деформации вдоль главных направлений:

$$\xi_i = \lambda [\gamma(\sigma_i - \sigma) + 2\alpha \cdot I_1] = \lambda(\gamma \cdot S_i + 2\alpha \cdot I_1), \quad (4)$$

$(i = 1, 2, 3),$

Здесь S_i – главные компоненты девиатора напряжений, λ – неопределенный положительный множитель. Вычисляя из (4) интенсивность скоростей деформации сдвига:

$$H = \sqrt{2/3} [(\xi_1 - \xi_2)^2 + (\xi_2 - \xi_3)^2 + (\xi_3 - \xi_1)^2]^{1/2} = 2\lambda\gamma(J_2)^{1/2}, \quad (5)$$

найдем:

$$\lambda = \frac{H}{2\gamma(J_2)^{1/2}}. \quad (6)$$

Тогда уравнения для скоростей деформации (4) запишутся:

$$\frac{\xi_i}{H} = \frac{I}{2(J_2)^{1/2}} \left(S_i + \frac{2\alpha \cdot I_1}{\gamma} \right) \quad (i = 1, 2, 3), \quad (7)$$

а скорость изменения объема, вызванная формоизменением:

$$\xi = \xi_1 + \xi_2 + \xi_3 = \frac{3\alpha \cdot H \cdot I_1}{\gamma(J_2)^{1/2}}. \quad (8)$$

При нулевой пористости $\alpha = 0, \gamma = 3$ и (4), (7), (8) совпадают с обычными уравнениями теории пластического течения Леви-Мизеса.

Так как объем материала изменяется за счет изменения объема пор:

$$\xi = \frac{1}{1 - \vartheta} \frac{d\vartheta}{dt}, \quad (9)$$

то из (8) получим:

$$\frac{d\vartheta}{dt} = (1 - \vartheta) \frac{3\alpha \cdot H \cdot I_1}{\gamma(J_2)^{1/2}}. \quad (10)$$

Уравнение (10) является кинетическим уравнением изменения пористости порошкового материала в процессе его пластической деформации. Подобное уравнение получено в [6], однако, в отличие от него, скорость изменения пористости в уравнении (10) – функция инвариантов напряженного и деформированного состояний, а также текущего значения пористости ϑ . В случае $\vartheta \ll 1, \alpha \approx \vartheta$ уравнение (10) можно записать в более простом виде:

$$\frac{d\vartheta}{dt} = \frac{\alpha \cdot H \cdot I_1}{k} \quad \text{или} \quad \frac{d\vartheta}{dt} = \frac{3\sigma \cdot d\Gamma}{k}, \quad (11)$$

где $d\Gamma = Hdt$ – приращение интенсивности деформаций;

$k = \sigma_s / \sqrt{3}$ – предел текучести на сдвиг компактного материала;

σ – гидростатическое давление.

Функции α, γ , входящие в (8)-(11), определяются из решений для предельного состояния элементарной структурной ячейки материала при чистом сдвиге ($I_1 = 0$) и гидростатическом сжатии ($J_2 = 0$). В частности, полагая [6]:

$$\alpha = \frac{1}{4} (\ln \vartheta)^{-2}, \quad (12)$$

интегрирование (11) дает:

$$\Delta F = F(\vartheta) - F(\vartheta_0) = \frac{3}{4k} \int_0^\Gamma \sigma \cdot d\Gamma, \quad (13)$$

где:

$$F(\vartheta) = \vartheta \left[(\ln \vartheta - 1)^2 + 1 \right]. \quad (14)$$

Правая часть уравнения (13) отражает влияние истории нагружения на изменение функционала ΔF в различных процессах формоизменения пористых тел; текущая пористость ϑ во всех случаях определяется приращением ΔF относительно начального состояния $F(\vartheta_0)$ в соответствии с зависимостью (14), которая носит общий характер.

Таким образом, для определения пористости ϑ в любой момент времени по объему детали необходимо найти гидростатическое давление σ и интенсивность накопленной деформации Γ также в каждой точке, т.к. уравнения (13) и, соответственно, (14) решаются только численными методами.

Для анализа используем данные численного моделирования с помощью программы Form 3D процесса прессования детали "втулка". В узловых точках Лагранжа рассчитывалось гидростатическое

давление σ и интенсивность накопленной деформации Γ для жестко-пластического тела, после чего по уравнениям (13), (14) определялась пористость. Внешний вид втулки представлен на рис. 1.



Рис.1. Внешний вид детали "втулка"

Схема прессования показана на рис. 2.

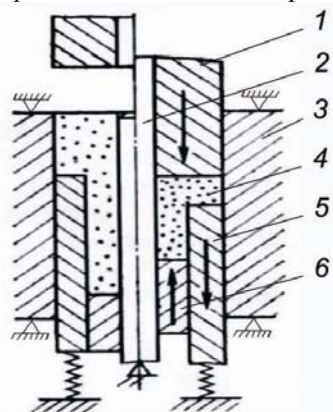


Рис.2. Схема прессования втулки: 1 – верхний пуансон; 2 – центральный стержень; 3 – матрица; 4 – прессовка; 5, 6 – наружный и внутренний нижние пуансоны

Полученные результаты приведены на рис. 3, 4. Изменение пористости по горизонтальной или вертикальной линии сетки Лагранжа в объемном представлении показано на рис. 3.

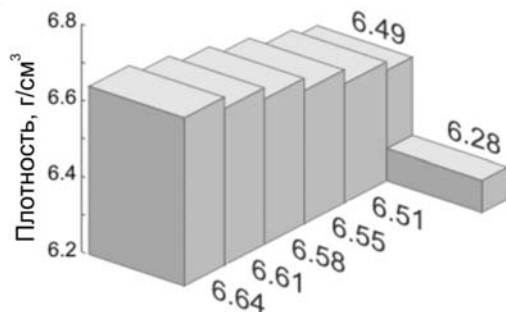


Рис.3. Объемное распределение плотности в вертикальном сечении сетки Лагранжа

Распределение плотности по сечению прессуемой заготовки в выбранный момент времени показано на рис. 4. Аналогичное распределение может быть получено для любого момента

прессования детали, и таким образом определена пористость в любой точке детали. Это позволяет выполнить оценку и оптимизацию технологических параметров процесса прессования.

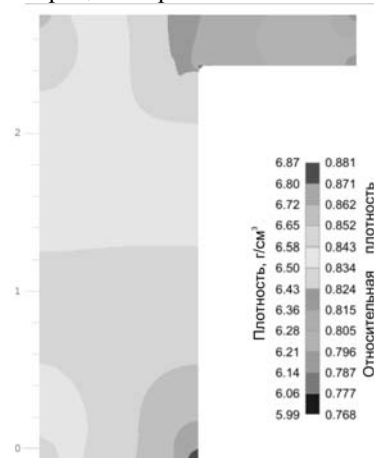


Рис.4. Распределение пористости по сечению прессуемой заготовки в фиксированный момент времени

Выводы. Выполнено моделирование процесса прессования порошковой детали с использованием теории пластичности несжимаемого жестко-пластического тела. Для нахождения пористости в любой момент прессования с помощью известных программ рассчитываются гидростатическое давление и интенсивность накопленной деформации для жестко-пластического тела, а затем по формулам (13), (14) определяется пористость.

Литература

20. Дегтярев И.С., Анциферов В.Н., Пермяков А.А. Приближенное решение задач обработки давлением пористых материалов. – Порошковая металлургия. 1977, № 9, С. 11 - 15.
21. Ковальченко М.С., Гавриленко А.П. Уплотнение пористого материала при горячей экструзии. – Порошковая металлургия. 1976, № 5, С. 82 - 91.
22. Перельман В.Е. Методика расчета процессов формообразования изделий из порошковых материалов. – В кн.: Порошковая металлургия. – Минск, "Высшая школа", 1977, С. 38 - 48.
23. Сегал В.М., Резников В.И., Малышев В.Ф. Изменение плотности пористых материалов при пластическом формоизменении. – Порошковая металлургия. 1979, №7, С.6 - 11.
24. Качанов Л.М. Основы теории пластичности. – М.: Наука, 1969. – 420 с.
25. Грин Р.Дж. Теория пластичности пористых тел. – Механика. Сб. переводов, 1973, №4, С.109 - 121.

References

33. Degtjarev I.S., Anciferov V.N., Permjakov A.A. Priblizhennoe reshenie zadach obrabotki davleniem po-ristykh materialov. – Poroshkovaja metallurgija. 1977, № 9, S. 11 - 15.
34. Koval'chenko M.S., Gavrilenko A.P. Uplotnenie poristogo materiala pri gorjachej jekstruzii. – Poroshkovaja metallurgija. 1976, № 5, S. 82 - 91.
35. Perel'man V.E. Metodika rascheta processov formo-obrazovanija izdelij iz poroshkovyh materialov. – V kn.: Poroshkovaja metallurgija. – Minsk, "Vyshejsnjaja shkola", 1977, S. 38 - 48.
36. Segal V.M., Reznikov V.I., Malyshev V.F. Izmenenie plotnosti poristykh materialov pri plasticheskom formoizmenenii. – Poroshkovaja metallurgija. 1979, №7, S.6 - 11.
37. Kachanov L.M. Osnovy teorii plastichnosti. – M.: Nauka, 1969. – 420 s.
38. Grin R.Dzh. Teorija plastichnosti poristykh tel. – Mehanika. Sb. perevodov, 1973, №4, S.109 - 121.

Стоянов О.А. Дослідження ущільнення порошкового середовища з використанням теорії пластичності нестискуваного жорстко-пластичного тіла

Розглянуті питання розробки математичної моделі для аналізу ущільнення пористого порошкового середовища з використанням теорії пластичності нестискуваного жорстко-пластичного тіла. Виконано

чисельне моделювання за допомогою програми Form 3D процесу пресування деталі "втулка". Знайдений розподіл пористості по перетину заготовки у фіксований момент пресування.

Ключові слова: порошкове середовище, ущільнення, пористість, пластичність, формоизменение, жорстко-пластичне тіло.

Stoyanov A. Investigation of densification of powdered medium with the use of plasticity theory of incompressible rigidly-plastic bodies

The problems of development of mathematical model are considered for the analysis of densification of porous powdered medium with the use of plasticity theory of incompressible rigidly-plastic body. A numerical simulation by the program Form 3D process of pressing "sleeve" part is executed. Distributing of porosity is determined on the section of the part in fixed moment of pressing.

Keywords: powdered medium, densification, porosity, plasticity, shape forming, rigidly-plastic body

Стоянов А.А. – к.т.н., доцент кафедри обробки металів тисненням і зварки, ВНУ ім. В.Даля, г. Луганськ, Україна, e-mail: oomd@snu.edu.ua.

Рецензент Губачева Л.А., д.т.н., проф.

Стаття подана 12.07.2013

УДК 629.45/.46

К ВОПРОСУ НАДЕЖНОСТИ НА ТРАНСПОРТЕ

Тананко Дмитрий, Огден Даг, Губачева Л.А.

THE QUESTION OF RELIABILITY OF TRANSPORT

Tananko Dmitry, Ogden Doug, Gubacheva L.A.

В статье рассмотрены вопросы надежности изделий на транспорте. Для обеспечения необходимой надежности могут быть использованы различные методы и средства. В настоящее время используется диапазон корпоративных возможностей Reliasoft, который включает поддержку всех стадий разработки, производства и эксплуатации промышленной продукции.

Ключевые слова: надежность, транспорт, уровень качества, потребитель.

Постановка проблемы. Одной из основных задач удовлетворения требований потребителей продукции является поставка современных и надежных изделий, отвечающих высшему уровню качества и предоставление услуг, соответствующих запросам потребителей. Определяющим показателем для транспортных средств является надежность – свойство изделия сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования. Для обеспечения необходимой надежности могут быть использованы различные методы и средства.

Решение заданной проблемы. Организационно-технические требования и мероприятия по обеспечению надежности определяются, как правило, программой обеспечения надежности, которая излагает требования Заказчика по определению и контролю надежности.

Указанное заключается в оценке численных значений показателей надежности изделия и соответствия их заданным требованиям. Методы определения надежности могут быть различными в зависимости от сложности изделия, условий его использования и требований, предъявленных

Заказчиком (расчетный, расчетно-экспериментальный, экспериментальный).

Программа обеспечения надежности, как правило, реализуется на всех этапах жизненного цикла изделий от стадии проектирования до утилизации.

Организация работ по надежности зависит от структуры конкретной компании и в ряде случаев создается независимая структура, которая занимается организацией работ по надежности.

Подготовка специалистов в области надежности осуществляется по соответствующим учебным программам или курсам. Имеются отдельные подразделения, кафедры в колледжах и ВУЗах, которые готовят инженеров по надежности.

Но как правило Международные организации инженеров и ученых ведут обучение путем проведения, соответствующих конференций, на которых реализуются отраслевые программы подготовки кадров по вопросам надежности. На настоящей конференции, которая проводится под эгидой Министерства образования и науки Украины и Восточноевропейского университета им. В. Даля мы реализуем впервые на постсоветском пространстве профессиональную инженерную подготовку по направлению надежности с привлечением специалистов американской Корпорации Reliasoft, которая является мировым лидером по разработке программного обеспечения, обучения и консалтинга в области надежности и качества.

Основанная в 1992 году в г.Тусон (шт. Аризона), Reliasoft выросла в глобальный консультационный центр, предлагающий широкий спектр услуг по анализу надежности и качества для производителей во всем мире. Диапазон корпоративных возможностей Reliasoft включает поддержку всех стадий разработки,

производства и эксплуатации промышленной продукции.

Reliasoft как крупнейшая международная организация, специализируется исключительно в области инженерной надежности, разработала уникальную структуру, основанную на передовых методологиях теории надежности, реализованных в компьютерных программах, а также включающую: образовательные курсы, консультации, конференции, симпозиумы, периодические издания, сертификационные программы и другие инициативы. Основные направления включают:

- Научно-исследовательская и инновационная деятельность: разработка и внедрение вероятностных моделей и статистических процедур теории надежности на базе высокой профессиональной компетентности и обширного опыта в области инженерной надежности (рис. 1, рис.2, рис.3).

- Компьютерные программы по анализу/расчету надежности: высококвалифицированная научно-исследовательская группа разрабатывает и

поддерживает эксплуатацию программных продуктов, позволяющих автоматизировать инженерный анализ надежности по следующим направлениям(рис. 1, рис.2, рис.3, рис.4, рис.5):

- Анализ данных по надежности (наработок на отказ);
- Анализ данных ускоренных испытаний;
- Планирование и анализ экспериментов;
- Анализ надежности, готовности и ремонтпригодности систем;
- Модели роста надежности;
- Анализ характера и последствий отказов (FMEA);
- Техническое обслуживание, направленное на обеспечение надежности;
- Вероятностная оценка рисков;
- Прогнозирование надежности на основе технических стандартов;
- Сбор и анализ данных об отказах и мер по их устранению;
- Система анализа производственных мощностей;

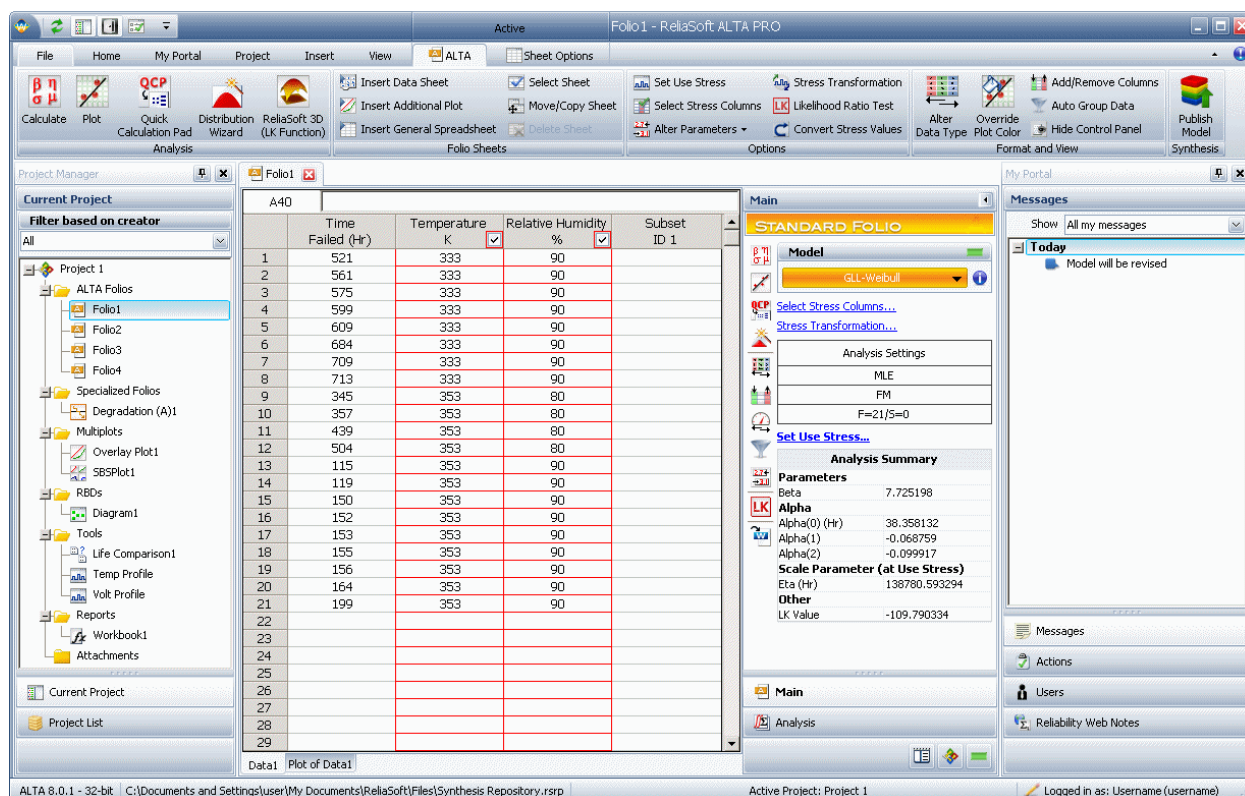


Рис. 1 ALTA: Программа для анализа ускоренных испытаний на надежность

Программа ALTA предлагает простой и понятный метод использования чрезвычайно сложных и высокоэффективных математических моделей для ускоренного тестирования и анализа. Обеспечивает

взаимосвязь длительных нагрузок, используя до 8 типов одновременных нагрузок. При этом нагрузки могут быть постоянные или меняться со временем.

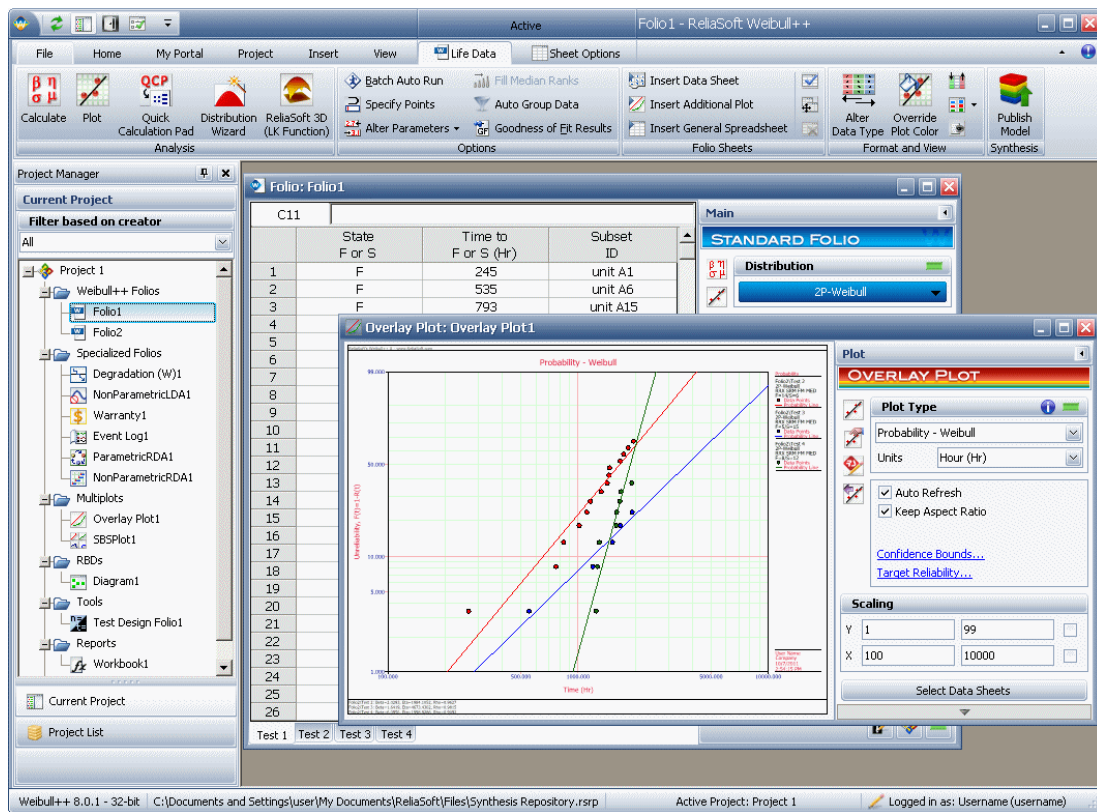


Рис. 2 Weibull++: Стандарт для анализа надежности

Weibull++ это индустриальный стандарт для анализа надежности по имеющейся статистике об отказах и функционированию изделий (Life Data Analysis) и используется компаниями всего мира. Программа поддерживает множество

распределений (в том числе все виды распределения Weibull) и имеет удобный интерфейс созданный специально для инженеров по надежности.

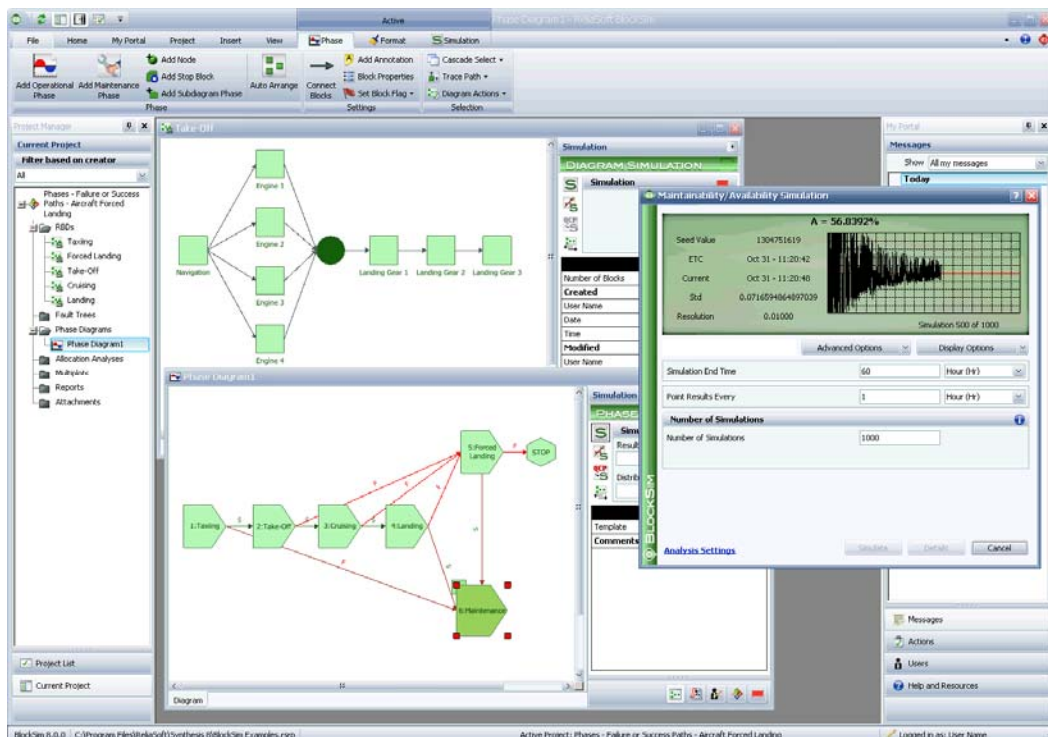


Рис. 3 BlockSim: Программный продукт для анализа надежности системы и ремонтпригодности

Используя Блок-схемы расчёта надёжности или Анализ "деревьев отказов" (RBD), BlockSim поддерживает широкий спектр анализов для определения систем, подлежащих ремонту или нет. Что включает в себя надёжность,

работоспособность, техническое обслуживание, оптимизация надёжности, производительность, распределение ресурсов, рабочий цикл и другие анализы.

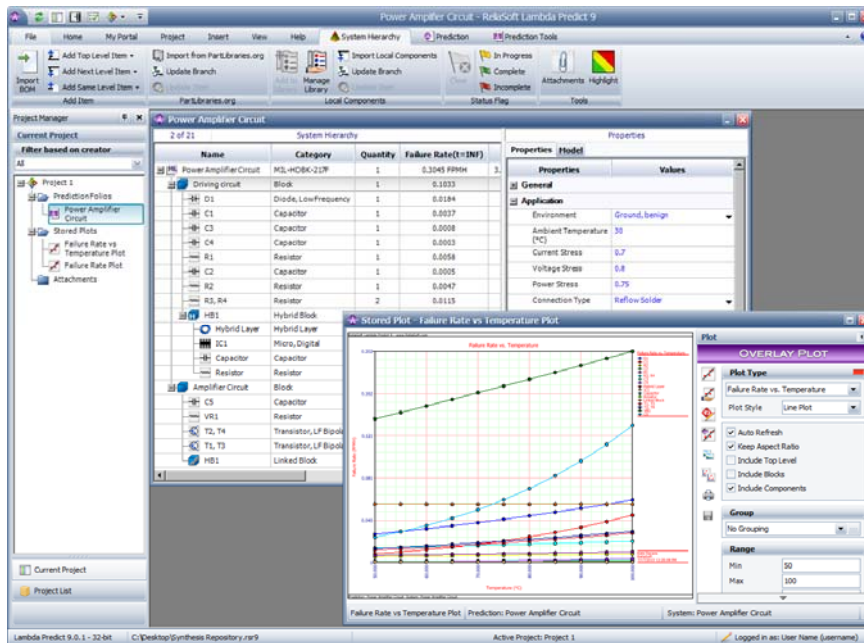


Рис. 4 Lambda Predict: Стандарты Основанные, на Прогнозировании Надежности

Если при осуществлении проекта нет реальных данных, тогда в вычислениях при

сравнении альтернативных проектов с различными факторами могут использоваться.

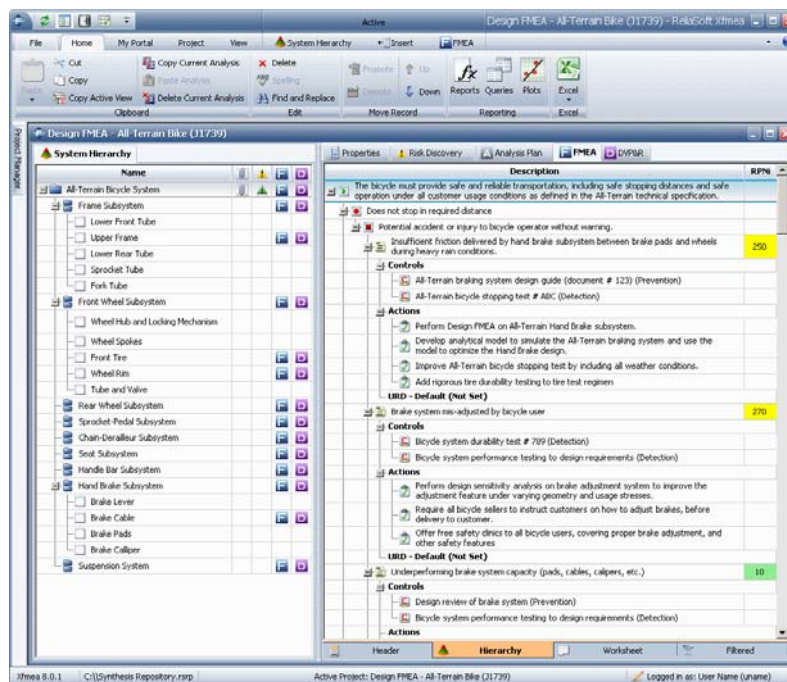


Рис. 5 Xfmea: Эксперт поддержка для всех типов FMEA и FMECA

Стандарты, Основанные на Прогнозировании Надежности, что позволяет проследить повышение надежности. Программа Lambda Predict поддерживает все основные стандарты, прогнозирования надежности и предлагает локализацию отклонений от номинальных значений параметров в анализе

Программа Xfmea облегчает управление данными и создание отчетов для всех типов FMEA (Анализ Характера и Последствий Отказов) и FMECA (Анализ Характера, Последствий Отказов и Анализ Критичности).

- Образовательные курсы по надежности: учебные курсы раскрывают основные аспекты теории надежности и эксплуатации оборудования, а также их практическое применение с иллюстрацией возможностей соответствующих компьютерных программ.

- Консультирование по надежности: группа специалистов высокого уровня (включая трех русскоязычных) консультируют практически во всех областях надежности/качества и решают задачи любого масштаба и любой сложности.

- Системы поддержки производства: разработка, установка и эксплуатация крупномасштабных компьютерных систем поддержки производства как на основе технологий клиент-сервер, так и веб-технологий.

- Развитие профессии инженерной надежности: публикации, конференции, сертификационные программы и другие инициативы, нацеленные на дальнейшее развитие и укрепление престижа профессии инженерной надежности.

Вывод. В данный момент, в Украине, использование современных технологий по вопросам повышения надежности, являются актуальными. Использование компьютерного обеспечения Realisoft в области надежности транспортных средств позволит конструкторам избежать поломок подвижного состава и пути, снизить затраты на средний и капитальный ремонт.

Литература

1. <http://www.reliasoft.com/alta/>
2. Капур К., Ламберсон Л. Надежность и проектирование систем. - М.: Мир, 1980.- 608 с.
3. Кугель Р.В. Надежность машин массового производства. - М.: Машиностроение. 1981.- 244 с.
4. Повышение надежности и совершенствование ремонта вагонов / Сб. науч. тр. ВНИИЖТа под ред. Г. К. Сендерова и М. В. Орлова, вып. 652. М.: Транспорт, 1982.- 144 с.
5. Войнов К.Н. Надежность вагонов. - М.: Транспорт, 1989.- 112 с.
6. Губачева Л. А. Надійність транспортних засобів Навчальний посібник. - Луганськ: вид-во СНУ ім. В.Далія, 2008. - 89 с.:
7. Губачева Л. А. Определение функции эксплуатационной надежности // Залізничний транспорт України. - 2006, №1, С.20-25.
8. Губачева Л.А. Моделирование процессов изнашивания сопряженных поверхностей ходовых частей транспортных средств // Залізничний транспорт України. - 2005, №3/1, с.115 - 121.
9. Губачева Л.А. Методы повышения эксплуатационной надежности пар трения // Вестник

КГТУ. Межвузовский сборник научных трудов. Серия Транспорт. - 2005, № 39, С. 615-619.

10. Gubacheva L.A., Naish N.M. Assurance of operate reliability of rolling stock //Journal of Guangdong non-ferrous metals. - Sep. 2005, Vol. 15, No.2;3, p. 200-212.

References

1. <http://www.reliasoft.com/alta/>
2. Kapur K., Lamberson L. Nadezhnost' i proektirovanie sistem. - M.: Mir, 1980.- 608 s.
3. Kugel' R.V. Nadezhnost' mashin massovogo proizvodstva. - M.: Mashinostroenie. 1981.- 244 s.
4. Povyshenie nadezhnosti i sovershenstvovanie remonta vagonov / Sb. nauch. tr. VNIIZhTa pod red. G. K. Senderova i M. V. Orlova, vyp. 652. M.: Transport, 1982.- 144 s.
5. Vojnov K.N. Nadezhnost' vagonov. - M.: Transport, 1989.- 112 s.
6. Gubacheva L. A. Nadijnist' transportnih zasobiv Navchal'nij posibnik. - Lugans'k: vid-vo SNU im. V.Dalja, 2008. - 89 s.:
7. Gubacheva L. A. Opredelenie funkcii jekspluatacionnoj nadezhnosti // Zaliznichnij transport Ukraini. - 2006, №1, S.20-25.
8. Gubacheva L.A. Modelirovanie processov iznashivaniya sopryazhennyh poverhnostej hodovyh chastej transportnyh sredstv // Zaliznichnij transport Ukraini. - 2005, №3/1, s.115 - 121.
9. Gubacheva L.A. Metody povysheniya jekspluatacionnoj nadezhnosti par treniya // Vestnik KGTU. Mezhdvuzovskij sbornik nauchnyh trudov. Serija Transport. - 2005, № 39, С. 615-619.
10. Gubacheva L.A., Naish N.M. Assurance of operate reliability of rolling stock //Journal of Guangdong non-ferrous metals. - Sep. 2005, Vol. 15, No.2;3, p. 200-212.

Дмитро Тананко, Даг Огден, Губачева Л.А. ПИТАННЯ НАДІЙНОСТІ НА ТРАНСПОРТІ

У статті розглянуто питання надійності виробів на транспорті. Для забезпечення необхідної надійності можуть бути використані різні методи і засоби. В даний час використовується діапазон корпоративних можливостей Realisoft, який включає підтримку всіх стадій розробки, виробництва та експлуатації промислової продукції.

Ключові слова: надійність, транспорт, рівень якості, споживач.

Dmitry Tananko, Doug Ogden, Gubacheva L.A. THE QUESTION OF RELIABILITY OF TRANSPORT

The paper considers the question of reliability of products in transport. For adequate reliability can be employed various methods and means. Currently, a range of corporate opportunities Realisoft, which includes support for all stages of the development, production and operation of industrial products.

Keywords: security, transportation, quality level, the consumer.

Дмитрий Тананко - аспирант, нач. отдела надежности, Компания «Наземные системы Дженерал Дайнемик» (General Dynamic Land Systems), США, dmitry@taranenko.com

Даг Огден - Вице-президент, Корпорация «Надежность» (Reliasoft Company), США, <http://www.Reliasoft.ru>

Губачева Л.А. - зав. кафедрой, д.т.н.,
профессор ВНУ им. В. Даля, Украина

УДК 621.73

ВИГОТОВЛЕННЯ СУХАРЯ ФРИКЦІЙНОГО ДЕМПФЕРА ФОРМУВАННЯ В ЗАКРИТОМУ ШТАМПІ

Щербakov В.П.

MAKING CRACKER THE FRICTION DAMPER FORMING A CLOSED STAMP

Shcherbakov V.P.

У статті наведено спосіб виготовлення сухарів фрикційних демпферів, призначених для гасіння механічних коливань візка вагону, способом гарячого штампування в закритому штампі.

Ключові слова: сухар, фрикційний демпфер, візок, вагон, механічні коливання, штамп

Вступ. Подальший розвиток транспортного машинобудування вимагає широкого застосування зносостійких, міцних деталей та високопродуктивних матеріалозаощаджувальних технологічних процесів їхнього виготовлення. Особливо це стосується фрикційних гасників коливань (демпферів) пасажирських вагонів. Фрикційні гасники коливань (демпфери) є елементами підвищення пасажирських вагонів і призначені для гасіння коливань.

В даній роботі розглянуті можливі технології штампування фрикційних гасників коливань. Нова конструкція гасника коливань вплинула на технологію виготовлення головної фрикційної пари – втулки шпінтона та сухарів [1-3].

Виготовлення фрикційних сухарів зазнало суттєвих змін. Нова конструкція фрикційних сухарів (наявність поздовжніх ребер на сухарях) виключила можливість використання існуючої технології виготовлення усіх сухарів (комплекту з шести або восьми сухарів) з однієї покованки у вигляді товстостінного кільця, але відкрила можливість їхнього поштучного виготовлення на пароповітряному штампувальному молоті або на кривошипному гарячештампувальному пресі.

При цьому є можливість штампування у двох варіантах: 1) із лінією сполучення штампів по площині симетрії (тобто у відкритому штампі); та 2) із лінією сполучення штампів по складній

поверхні, яка не є пласкою, а є просторовою (тобто у штампі, який можна назвати закритим).

Поштучне штампування сухарів дозволяє значно зменшити об'єм механічного оброблення різанням та знизити витрати металу. Проте відсутність теоретичних та експериментальних досліджень гарячого штампування на КГШП складних деталей подовженої форми у закритих ривчаках вимагає детального дослідження процесів штампування згаданих деталей у закритих штампах.

Виготовлення втулки шпінтона також зазнала змін. Відмінність полягає в тому, що для отримання гранчастої поверхні втулки точіння і шліфування замінено на холодне видавлювання.

Розглянемо спосіб виготовлення поковок деталей, зокрема окремого сухаря, на пароповітряному молоті у відкритих штампах. Таке штампування характеризується змінним зазором між рухомою і нерухомою частинами штампі. У кінцевий момент деформації у зазор вичавлюються надлишки металу – грат, що дозволяє не пред'являти високі вимоги до точності заготовок по масі.

Проте, відношення корисного використання енергії до енергії витраченої у таких молотів дуже мале і складає всього 2-3%. Вони вимагають великої висоти будівлі цеху і глибоких складних фундаментів, дуже важкі, дорогі та ін. А, головне, штампування супроводжується нераціональною витратою металу на грат, необхідністю додаткового обладнання та трудовитрат для обрізування грату. Формування заготовки у відповідності до епюри перерізів необхідно виконувати у значній кількості стадій (переходів), кожна з котрих виконується в індивідуальному

ривчаку, а через це продуктивність праці в відкритих штампах невисока [4].

Відомо спосіб штампування поковок різних деталей в закритих штампах [4]. Це високопродуктивний і економічний спосіб для виготовлення деталей високої міцності. Останнє пояснюється тим, що при штампуванні поверхневі, найякісніші шари металу, не віддаляються в стружку, як це відбувається, наприклад, при виточуванні деталі із заготовки. Суттєва перевага такого штампування – зменшення коефіцієнта витрати металу через відсутність ґрату. Крім того, поковки мають сприятливішу структуру, оскільки волокна обтікають контур поковки, а не перерізуються в місці виходу металу в ґрат і всі поковки виходять однакової форми і розмірів, тобто, взаємозамінні.

Але, при безґратовому штампуванні штампувальний ривчак є замкнутою порожниною і тому об'єм початкової заготовки повинен відрізнятися від об'єму готової поковки лише на величину угару металу. Це дуже важливо, оскільки зайвий надлишок металу в заготовці приводить до руйнування штампів або до виходу з ладу окремих вузлів і механізмів штампувального устаткування, а при нехватці металу порожнини штампів повністю не заповнюються, утворюючи раковини і порожнечі. Тобто, основною умовою успішного здійснення штампування в закритих штампах є відповідність об'єму заготовки об'єму поковки, що вважається найбільш важким. Крім того, існують складнощі, пов'язані з необхідністю точного центрування заготовки в штампі.

При гарячому штампуванні метал деформується, підкоряючись закону найменшого опору, тобто, кожна його точка тече в тому напрямі, де опір перебігу металу найменший. І порожнина штампів може бути заповнена металом лише в тому випадку, якщо опір перебігу металу в порожнину буде менший, ніж опір перебігу металу уподовж довжини заготовки. Виходячи з цього, штампування в закритих штампах застосовують, в основному, для поковок групи II класу А (поковки круглі в плані або близькі до цієї форми, при виготовленні яких переважаючим процесом є осадження) та для поковок класу В (поковки, при виготовленні яких переважаючим процесом є витискування) і, рідше, для поковок групи I класу А (поковки подовженої форми з невеликою різницею в площах поперечного перетину).

Наукові дослідження і експериментальна перевірка показали, що штампування сухаря на КГШП можливо, хоч сухар і має *значну різницю* у площах поперечного перетину по довжині деталі ($A_{max} / A_{min} = 2,65$), причому з використанням усього двох штампів – заготовельного (пертисного) і чистового, *але за трьох умов*:

1. За наявності розподілу матеріалу заготовки при штампуванні у відповідності до епюри перетинів поковки;

2. За наявності в штампі компенсаційної порожнини для витиснення до неї надлишку металу, якій є, як би точно не був розрахований об'єм заготовки, наприклад, за рахунок припусків та ін.;

3. За наявності надійного центрування у чистовому ривчаку поковки, сформованої у заготовельному ривчаку.

Відомо, що при штампуванні перебіг металу обмежується стінками штампів, і метал заповнює порожнини штампів, утворюючи форму і розміри, які відповідають конфігурації необхідної деталі.

Тобто, ці умови можливо виконати якщо конструктивні особливості цих двох штампів будуть їх враховувати та забезпечувати їх виконання.

Виконання першої умови можливо за умови симетрії деталі, тобто перерозподілу матеріалу заготовки при штампуванні шляхом забезпечення значного зменшення площі поперечного перетину в середній частині заготовки. Цього можна досягнути, якщо у верхніх частинах штампів виконати розсікачі, які будуть забезпечувати спрямовану течію металу від середини до периферії ривчака.

Виконання другої умови можливо шляхом виконання карману посередині нижніх частин штампів, якій заповнюються металом в останню чергу. При цьому на нижній поверхні поковки після штампування заготовки у заготовельному ривчаку сформується виступ відповідної форми. Незначна кількість металу, яка утворюватиме цей виступ буде збережена для використання його у чистовому ривчаку для центрування поковки, і тільки в процесі заключного механічного оброблення буде видалена.

Виконання третьої умови можливо шляхом наявності посередині нижньої частини чистового штампів відповідного отвору для виступу, який утворився у кармані після штампування заготовки у заготовельному ривчаку.

Найбільш перспективним і близьким до запропонованого способу виготовлення сухарів фрикційних демпферів є спосіб формування деталей в закритих штампах на кривошипних гарячештампувальних пресах (КГШП). Він передбачає формування деталі у кілька переходів з використанням кількох штампів (осадкових, перетискових, заготовчо-попередніх, остаточних, правильних та ін.). Видалення поковок із заготовельного і чистового штампів здійснюють за допомогою виштовхувачів, які розташовані в пакеті штампів КГШП [1].

Для спрощення технології виготовлення, зниження трудомісткості та металоємності, для забезпечення високої точності форми виробу і якості робочих поверхонь поставлено задачу

забезпечити можливість використання способу формування деталей в закритих штампах для виготовлення сухарів фрикційних демпферів, що дозволить спростити технологію їх виготовлення, знизити трудомісткість и металоємність, та забезпечити високу точність форми виробу і якість робочих поверхонь.

Поставлена задача досягається тим, що для виготовлення сухаря фрикційного демпфера способом формування в закритому штампі, наприклад на КГШП з виштовхувачами, який включає розрахунок об'єму заготовки, різання прокату на окремі заготовки, вибір оптимальної кількості переходів з визначенням відповідних штампів, попереднє формоутворення поковки з нагрітої заготовки у штампах, остаточне формування у чистовому штампі і заключне механічне оброблення деталі, згідно корисної моделі, об'єм заготовки розраховують, передбачаючи припуски тільки для поверхонь контакту сухаря зі шпінтоном та натискними кільцями, нарізають і використовують заготовки з круглого гарячевальцованого прутка без його попередньої механічної обробки, а необхідну форму сухаря отримують з використанням тільки двох штампів шляхом попередньої значної деформації заготовки у заготівельному штампі і остаточної формозміни початкової поковки у чистовому штампі, для чого в верхніх частинах штампів виконують розсікачі, які забезпечують

спрямовану течію металу поковки від середини до периферії рівчака з одночасним формуванням двох опорних полиць для натискних кілець по торцях поковки та двох ребер жорсткості між ними, а посередині нижніх частин штампів виконують кармани, наприклад клиновидної форми, для розміщення надлишку металу, який при штампуванні заготовки в заготівельному штампі формує на нижній площині поковки виступ відповідної форми, який у подальшому розміщують у аналогічному кармані чистового штампі для центрування у ньому поковки, і який по закінченні штампування видаляють в процесі остаточної механічної обробки робочої поверхні сухаря, яка контактує зі шпінтоном.

На рис. 1 зображено загальний вид сухаря фрикційного демпфера, сформованого в закритому штампі, де позначено: поверхню Б контакту сухаря зі шпінтоном, поверхні В і Г контакту сухаря з натискними кільцями, клиновидний виступ (не зображено), що формується на поверхні Б надлишком металу у карманах нижніх частин штампів; опорні полиці під кутом 40° , що формуються розсікачами верхніх частин штампів по торцях поковки для опору конусних натискних кілець, ребра жорсткості, що формуються розсікачами верхніх частин штампів по боковим поверхням поковки між опорними полицями.

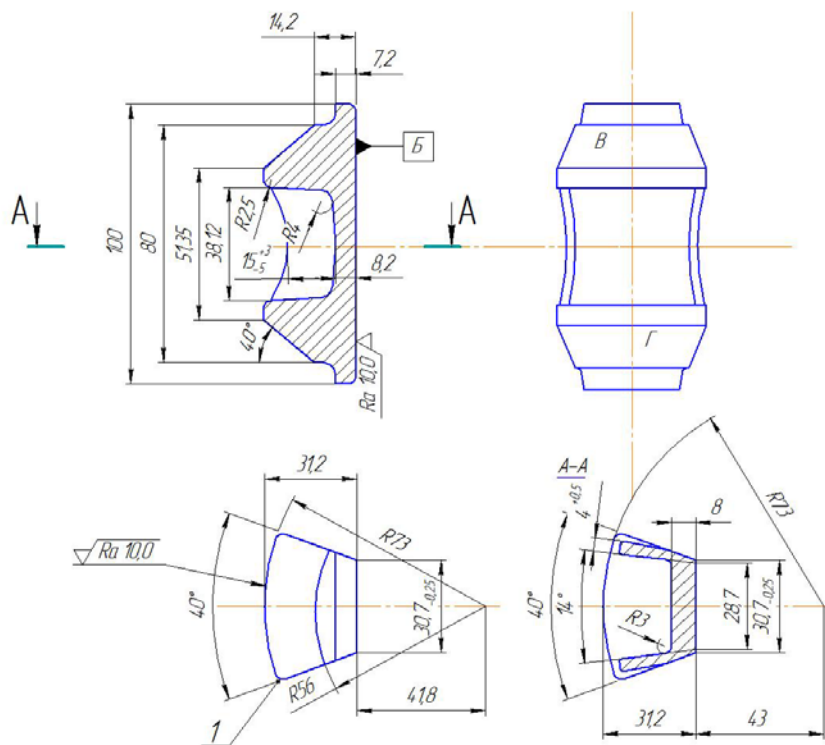


Рис. 1. Фрикційний сухар, сформований в закритому штампі

Штампування виконують, наприклад на КГШП, де є виштовхувачі. Розраховують об'єм

заготовки, при чому для оптимальної відповідності об'єму заготовки об'єму поковки

передбачають припуски лише на робочі поверхні контакту сухаря із шпінтоном та натискними кільцями і нарізають заготовки з круглого гарячевальцованого прутка без попередньої його механічної обробки.

Враховуючи те, що у промисловості для штампування кожної окремої деталі пристосовують окремий штамп, який має конфігурацію відповідну до деталі, на підставі чистового креслення сухаря з урахуванням його особливостей, а саме, форми опорних полиць і ребер жорсткості, використовують відомі конструкторські прийоми і вносять зміни у верхні та нижні вставки заготівельного і чистового штампів КГШП, а саме, формують розсікачі та кармани, які забезпечать формування необхідної конфігурації сухаря.

Далі виконують відомі технологічні операції гарячого штампування у закритих штампах, а саме: нагрівають заготівку, розміщують і штампують її у заготівельному штампі, видаляють поковку зі штампу, розміщують її у чистовому штампі таким чином, щоб виступ розмістився у кармані, штампують, видаляють поковку і виконують заключну чистову механічну обробку усього трьох робочих поверхонь сухаря, які контактують зі шпінтоном та натискними кільцями. У обробці решти поверхонь поковки немає необхідності, оскільки вони не контактують з іншими деталями вузла фрикційного демпфера.

Висновки. Запропонована технологія дозволить:

- отримати поковку сухаря, яка потребує незначного механічного оброблення лише по трьом поверхням: пласкої поверхні Б, яка сполучатиметься з шпінтоном, та конічними поверхнями В і Г, які сполучатимуться з конічними натискними кільцями;

- отримати поковку сухаря з двома ребрами жорсткості, що значно зменшує напруження в небезпечних точках переходу від конічних полиць сухаря до пласкої стінки;

- отримати в поковці макроструктуру, яка забезпечує найвищу міцність деталі;

- у відмінності від штампування у відкритому штампі, запобігти утворення ґрату і операції його видалення, тим самим зменшити витрати металу та знизити трудомісткість виготовлення поковки штампуванням;

- забезпечити високу продуктивність штампування (на КГШП формування в кожному штампі відбувається за один хід преса);

- отримати високу стійкість штампа (наявність карману дозволяє звільнити ривчак від перевантаження);

- використати КГШП без спеціального гідравлічного пристосування для розвантаження преса.

Завдяки цьому запропонований спосіб виготовлення сухарів формуванням у закритому штампі на КГШП можна вважати раціональним.

Література

1. Євстратов В.О., Губачева Л.О., Басов Г.Г. Фрикційний гаситель коливань буксового ступеня підвіски пасажирського вагона. Патент України №7561, B61F 5/12, опубл. 15.06.2005, бюл. №6.

2. Губачева Л.О., Євстратов В.О., Щербаков В.П. Удосконалення конструкції фрикційного гасника коливань пасажирського вагона // Вісник СХУ ім. В.І. Даля. Науковий журнал №12 [166], Ч1, 2011, С.

3. Євстратов В.О., Губачева Л.О., Щербаков В.П. Фрикційний демпфер. Патент UA 52304 B61F 5/00, опубл. 25.08.2010, бюл. №16.

4. Ковка и штамповка: Справочник в 4-х томах. Том 2. Горячая объемная штамповка. Под ред. Е.И.Семенова. – М.: Машиностроение, 1986.

Referens

1. Evstratov V.A., Gubacheva L.O., Basov G.G. Frikcionnyj gasitel' kolebanij buksovogo stepeni podveski passazhirskogo vagona. Patent Ukrainy № 7561, B61F 5/12, opubl. 15.06.2005, bjul. № 6.

2. Gubacheva L.A., Evstratov V.A., Shherbakov V.P. Usovershenstvovanie konstrukcii frikcionnogo gasitelja kolebanij passazhirskogo vagona // Vestnik VNU im. V.I. Dalja. Nauchnyj zhurnal № 12 [166], Ch1 2011, S.

3. Evstratov V.A., Gubacheva L.A., Shherbakov V.P. Frikcionnyj dempfer. Patent UA 52304 B61F 5/00 opubl. 25.08.2010, bjul. № 16.

4. Kovka i shtampovka: Spravochnik v 4-h tomah. Tom 2. Gorjachaja ob#emnaja shtampovka. Pod red. E.I.Semenova. - M.: Mashinostroenie, 1986.

Щербаков В.П. Изготовление сухаря фрикционного демпфера формированием в закрытом штампе

В статье приведено способ изготовления сухарей фрикционных демпферов, предназначенных для гашения механических колебаний тележки вагона, способом горячей штамповки в закрытом штампе.

Ключевые слова: сухарь, фрикционный демпфер, тележка, вагон, механические колебания, штамп

Shcherbakov V.P. Making cracker the friction damper forming a closed stamp

The article gives a method of making crackers friction dampers designed to damp mechanical vibrations trolley wagon, a way of hot forming a closed stamp.

Keywords: cracker, the friction damper, truck, wagon, mechanical vibrations, stamp.

Щербаков В.П. - головний інженер Приватного акціонерного товариства «НВЦ «ТРАНСМАШ», м. Луганськ.

Рецензент д.т.н., проф. Губачева Л.О.

УДК 621.762

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ПРИ НАГРЕВЕ ПОРОШКОВОЙ ШИХТЫ СИСТЕМЫ TiH₂-Mn-Si-Fe-C

Баглюк Г. А., Богачёва А. Г., Мамонова А. А., Тихонова И. Б.

FEATURES OF STRUCTURE FORMATION AT HEATING OF POWDER MIXTURE OF TiH₂-Mn-Si-Fe-C SYSTEM

Bagliuk G. A., Bogacheva A. G., Mamonova A. A., Tikhonova I. B.

Исследованы особенности взаимодействия элементов смеси и фазообразования при реакционном термическом синтезе многокомпонентной лигатуры, содержащей железо, кремний, марганец и углерод и гидрид титана.

Проанализированы термодинамические возможности протекания вероятных реакций в системе TiH₂-Mn-Si-Fe-C. Показано, что наличие в синтезируемых материалах, независимо от процентного содержания компонентов в лигатуре карбида и силицида титана.

Ключевые слова: *металломатричный композит, дисперсно-упрочнённый сплав, гидрид титана, термический синтез, лигатура, фазообразование.*

Введение

Металломатричные композиты на основе титановых сплавов находят все большее применение в качестве конструкционных и функциональных материалов в авиационной и аэрокосмической технике, химическом, транспортном и энергетическом машиностроении благодаря их уникальным физико-механическим и эксплуатационным свойствам.

Решению проблем оптимального легирования сплавов титана с целью повышения характеристик прочности и жаропрочности при сохранении достаточного уровня пластичности посвящено значительное количество работ. Одним из эффективных путей повышения конструкционной прочности и жаропрочности титановых сплавов является, в частности, использование многокомпонентного легирования [1÷3].

Наиболее обширная группа промышленных титановых сплавов относится к двухфазным ($\alpha+\beta$)-сплавам, которые отличаются повышенной прочностью, имеют достаточную пластичность и хорошо обрабатываются давлением [2]. Такие

сплавы получают с использованием β -стабилизирующих легирующих элементов, обеспечивающих способность сплава к растворному или термическому упрочнению, необходимому для получения заданных свойств.

Эффективными и распространенными β -стабилизирующими элементами, используемыми при производстве титановых сплавов, являются ванадий и молибден. В то же время, авторы [2], приводя основные принципы легирования ($\alpha+\beta$)-сплавов титана, отмечают, что легирующие элементы должны быть по возможности сравнительно доступными и дешевыми. В связи с этим представляет интерес оценка возможности использования для легирования спеченных титановых сплавов комплексных лигатур, содержащих такие дешевые и общедоступные β -стабилизирующие элементы, как железо, марганец и кремний.

Такой подход базируется также на результатах исследования влияния содержания различных легирующих элементов на прочностные и пластические свойства спеченных титановых сплавов, приведенных в [4], где показано что введение в состав порошковой шихты 3÷5 % железа или марганца существенно повышает прочность спеченного сплава по сравнению со сплавами, легированными, в частности, алюминием или ванадием.

Заметное повышение прочностных свойств титановых сплавов достигается также за счет дисперсного упрочнения твердыми соединениями тугоплавких элементов [4÷8].

В качестве упрочняющей добавки в титановых сплавах наиболее часто применяются карбиды TiC, SiC, бориды TiB₂, оксиды – Al₂O₃, Zr₂O₃, R₂O₃ (где R

= редкоземельный элемент), интерметаллические соединения – Ti_3Al , $TiAl$, а также Ti_5Si_3 [1]. В ряде работ [6÷8] показано, что наиболее привлекательным среди вышеперечисленных добавок является силицид титана (Ti_5Si_3), который обладает такими свойствами как низкая плотность ($4,26 \text{ г/см}^3$), высокая температура плавления ($2130 \text{ }^\circ\text{C}$), высокое сопротивление к окислению, связанное с формированием стабильного поверхностного слоя SiO_2 , а так же способностью сохранять высокую прочность до $1200 \text{ }^\circ\text{C}$.

Введение в состав титанового сплава твердых дисперсных включений также существенно повышает их износостойкость и несущую способность при работе в узлах трения [4].

Следует, однако, отметить, что положительное влияние дисперсных упрочняющих компонентов титановых сплавов сохраняется при условии минимизации взаимодействия последних с матричным материалом при спекании и последующей термической обработке. По данным [4], наименьшее взаимодействие имеет место в случае карбидов, а наибольшее – нитридов. Оксиды в этом ряду занимают промежуточное положение. Дисперсные добавки карбидов резко уменьшают рост зерна титана, обеспечивая почти постоянный размер во всем исследуемом диапазоне температур спекания.

В то же время, возможности применения многокомпонентного легирования и дисперсного упрочнения при получении спеченных сплавов с использованием смеси элементарных порошков связаны со сложностью равномерного распределения легирующих элементов и упрочняющей фазы в объеме материала, что предопределяет необходимость синтеза соответствующей многокомпонентной лигатуры с её последующим введением в исходную порошковую шихту.

Вышеизложенное предопределило цель настоящей работы, которая заключалась в исследовании особенностей взаимодействия элементов смеси и фазообразования при реакционном синтезе многокомпонентной титановой лигатуры, содержащей железо, кремний, марганец и углерод.

Экспериментальная часть

При выборе компонентного состава исходной порошковой шихты для термического синтеза многокомпонентной титановой лигатуры предполагалось, что существенная активация диффузионных процессов и ускорение фазообразования при синтезе может быть достигнуто за счет применения в шихте гидроксида титана взамен титанового порошка, вследствие обеспечения повышенной плотности кристаллической решетки, а также возможности дополнительной очистки межфазных поверхностей за счет выделяющегося при распаде гидроксида титана атомарного водорода [9]. Эффективность применения TiH_2 , кроме того,

обусловлена, также, его более низкой стоимостью по сравнению с порошками титана и карбида титана.

Основные легирующие элементы вводились в шихту в виде порошка ферросиликомарганца марки МнС-17, химический состав которого приведен в табл. 1.

Для сравнительной оценки особенностей взаимодействия компонентов шихты исследовались три различных состава исходной смеси:

- 35 % FeSiMn – 65 % TiH_2 ;
- 30 % FeSiMn – 65 % TiH_2 - 5 % C;
- 50 % FeSiMn – 50 % TiH_2 .

Таблица 1
Химический состав ферросиликомарганца (% масс.)

Марка	Mn	Si	Fe	C
Ферросиликомарганец МнС-17	65	17,5	15	2,5

В табл. 2 приведены расчетные компонентные составы исходной шихты для получения синтезируемых лигатур на основе титана.

Таблица 2
Составы лигатур

Компоненты	Содержание компонентов для различных составов, % (масс.)		
	1	2	3
Mn	22,75	19,50	32,50
Si	6,13	5,10	8,75
Fe	5,25	4,65	7,50
C	0,87	5,70	1,25
TiH_2	остальное	остальное	остальное

Для приготовления реакционной смеси порошков компактировались в цилиндрические брикеты путём холодного двустороннего прессования под давлением 500 МПа. Термическую обработку спрессованных брикетов проводили в атмосфере технически чистого аргона при температуре $1250 \text{ }^\circ\text{C}$. Изотермическая выдержка при температуре синтеза – 1 час.

Синтезированную лигатуру исследовали с помощью рентгеновского анализа на установке ДРОН-3М в $CoK\alpha$ – фильтрованном излучении; микрорентгеноспектральный анализ проводили на сканирующем электронном микроскопе JEOL JSM-6510A; дифференциальный термический анализ (ДТА) – на установке Q-1500D.

Ввиду многокомпонентности системы, расчёт термодинамики проводился для двойных систем, приведенных в табл. 3, при помощи программы HSC Chemistry 5.11.

На рис. 1 приведены полученные расчетные зависимости изменения свободной энергии Гиббса

от температуры. Как следует из представленных результатов, отрицательные значения энергии Гиббса (ΔG) указывают на термодинамическую возможность протекания указанных выше реакций в интервале температур $0 \div 1250$ °С.

По результатам термодинамического анализа можно сделать вывод о том, что наиболее вероятными являются реакции (3), (6), (8), (12), (15), (20) (рис. 1) в связи с наибольшими отрицательными значениями ΔG .

Таблица 3

Расчетные реакции взаимодействия компонентов шихты

Система	Реакция	№	Система	Реакция	№
Ti – Si	$Ti+Si = TiSi$	(1)	Fe – Si	$3Fe+Si = Fe_3Si$	(11)
	$Ti+2Si = TiSi_2$	(2)		$5Fe+3Si = Fe_5Si_3$	(12)
	$5Ti+3Si = Ti_5Si_3$	(3)		$Si + Mn = MnSi$	(13)
Fe – C	$3Fe + C = Fe_3C$	(4)	Si-Mn	$Si + 3Mn = Mn_3Si$	(14)
Si – C	$Si + C = SiC$	(5)		$3Si + 5Mn = Mn_5Si_3$	(15)
Ti – C	$Ti+C = TiC$	(6)		$15Mn + 4C = Mn_{15}C_4$	(16)
Ti – Fe	$Ti+Fe = FeTi$	(7)	Mn–C	$3Mn + C = Mn_3C$	(17)
	$Ti+2Fe = Fe_2Ti$	(8)		$7Mn + 3C = Mn_7C_3$	(18)
Fe – Si	$Fe+2Si = FeSi_2$	(9)		$23Mn + 6C = Mn_{23}C_6$	(19)
	$Fe+Si = FeSi$	(10)		$Mn + 2C = MnC_2$	(20)

Результаты и обсуждение

После осуществления термического синтеза исходных смесей наблюдалось существенное изменение геометрических размеров и формы исходных образцов, которые после спекания представляли собой достаточно прочные, но разделенные на прослойки спеки, напоминающие по внешнему виду образцы получаемые при СВС. Анализ характера картины распределения элементов синтезируемой лигатуры, приведенной на рис. 2, позволяет сделать вывод о активном взаимодействии титана с кремнием в процессе высокотемпературного синтеза с образованием соответствующих соединений (рис. 2, а, б). Марганец напротив практически не взаимодействуя с титаном и кремнием образует соединения с железом (рис. 2, в, г).

Рентгенофазовый анализ (табл. 4) подтвердил наличие предполагаемой фазы Ti_5Si_3 , так же были идентифицированы и другие фазы. По данным рентгенофазового анализа в процессе реакционного синтеза, независимо от процентного содержания компонентов в лигатурах, во всех составах присутствует карбид титана TiC. С дополнительным введением в исходную шихту (состав №2) углерода до 5%, карбид титана является практически основной фазой. Содержание гидрида титана в исходной шихте оказывает существенное влияние на фазообразование в синтезируемых лигатурах. При наличии 65% TiH_2 в синтезированных лигатурах, кроме карбида TiC, заметную долю имеют тройные соединения: $TiFeSi$, Fe_2SiTi , Ti_3SiC_2 (состав №1) и Fe_2SiTi (состав №2), а так же силицид титана Ti_5Si_3 . В лигатурах 1-го и 2-го

состава формируются фазы Fe_2Ti , $\alpha-SiC$, $FeMn_3$, а так же Fe_3C в составе №2.

С увеличением содержания ферросиликомарганца в исходной шихте до 50 % формирование фазового состава сопровождается дальнейшим формированием соединений с марганцем. Кроме фазы $FeMn_3$, которая присутствует в синтезируемых лигатурах 1-го и 2-го состава, зафиксированы фазы Mn_5Ti , $Mn_{23}C_6$, а так же, аналогично составам 1 и 2, присутствуют фазы Ti_5Si_3 , Fe_2Ti , Fe_3C . Кроме того, образуется силицид железа Fe_5Si_3 .

Результаты дифференциального термического анализа различных составов исходной шихты (рис. 3) показали, что в низкотемпературной области на кривой ДТА наблюдается два эндотермических эффекта с минимумами 316 и 325 °С, свидетельствующих о начале десорбция водорода из гидрида титана при температурах несколько превышающих 300 °С.

Таблица 4
Фазовый состав синтезированных лигатур

№	Состав смеси	Идентифицированные фазы
1	35 % $FeSiMn$ – 65 % TiH_2	TiC , Ti_5Si_3 , $TiFeSi$, Fe_2Ti , Ti_3SiC_2 , Fe_2SiTi , Fe_3C , $FeMn_3$, $\alpha-SiC$
2	30 % $FeSiMn$ – 65 % TiH_2 – 5 % C	TiC , Ti_5Si_3 , Fe_2SiTi , Fe_2Ti , Fe_3C
3	50 % $FeSiMn$ – 50 % TiH_2	TiC , Fe_2Ti , Mn_5Ti , $Mn_{23}C_6$, $FeSi_2$, Fe_5Si_3 , Fe_3C , $FeSi_2$, $\beta-$ $FeMn_4$

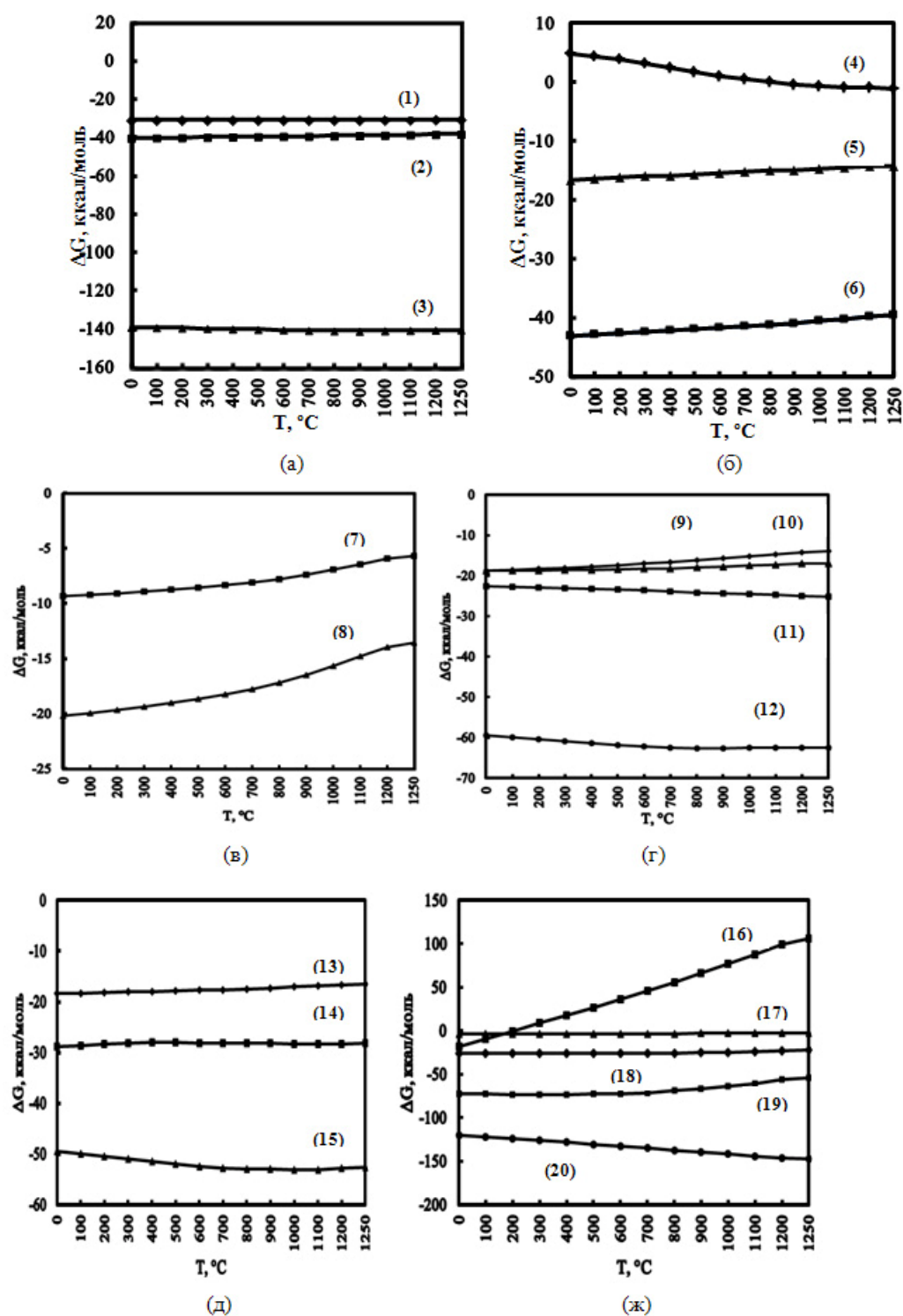


Рис. 1. Изменение свободной энергии Гиббса от температуры для реакций (1) – (20) (см. табл. 3)

С повышением температуры нагрева смеси на температурной кривой наблюдается наличие ярко выраженных экзотермических пиков при температурах около $1080\text{ }^{\circ}\text{C}$, что отвечает температуре формирования эвтектической составляющей в системе Fe–Ti ($1085\text{ }^{\circ}\text{C}$) [10], сопровождающейся появлением расплава в результате взаимодействия на контактных

поверхностях соответствующих частиц компонентов шихты. В то же время, отсутствие поглощения тепла в системе связано, очевидно, с тем, что эндотермический эффект плавления перекрывается значительно более мощным экзотермическим эффектом в результате жидкофазного взаимодействия между компонентами смеси. Обращает на себя внимание,

что повышенное содержание титана и наличие свободного углерода в шихте несколько снижает температуру начала экзотермической реакции (рис. 3, а) по сравнению с шихтой без свободного углерода (рис. 3, б). Наличие жидкой фазы максимально благоприятствует контакту взаимодействующих компонентов, а тепло,

выделяемое в результате прохождения экзотермической реакции, дополнительно стимулирует её развитие.

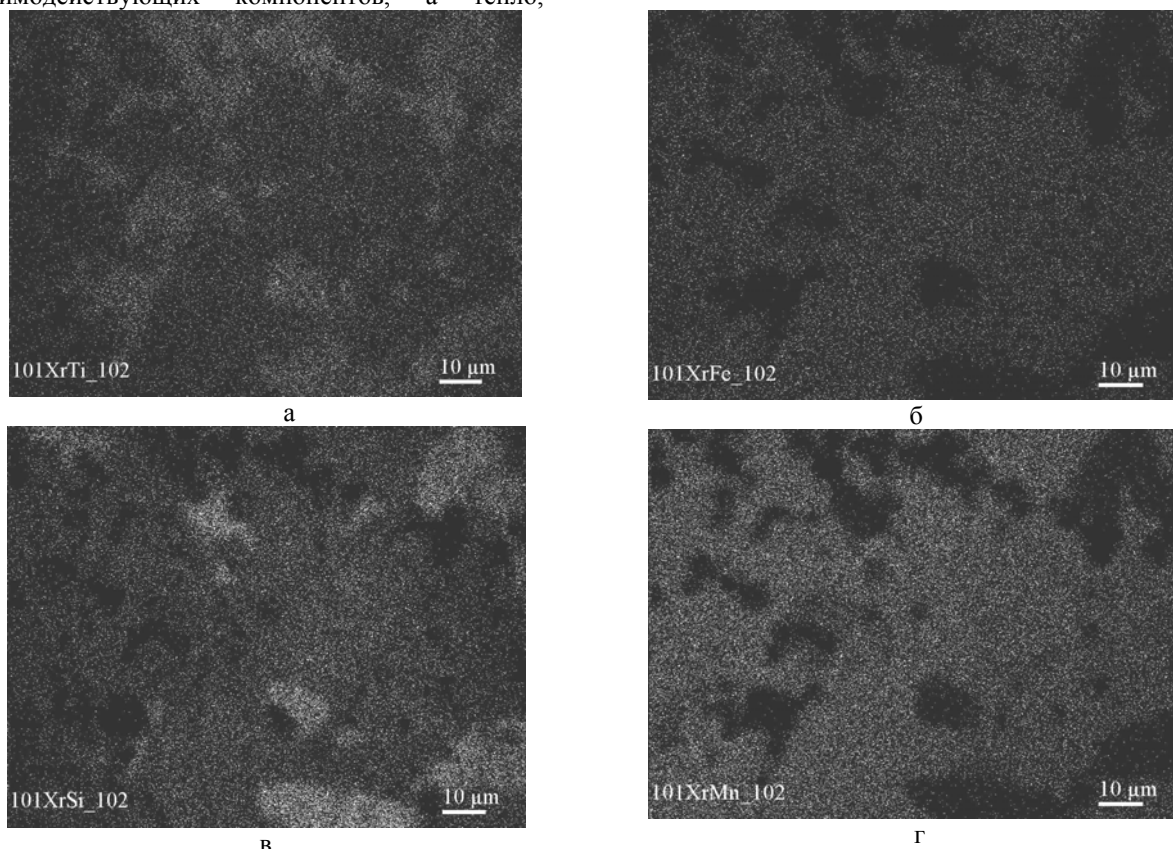


Рис. 2. Распределение элементов синтезируемой лигатуры системы TiH_2 -Mn-Si-Fe-C

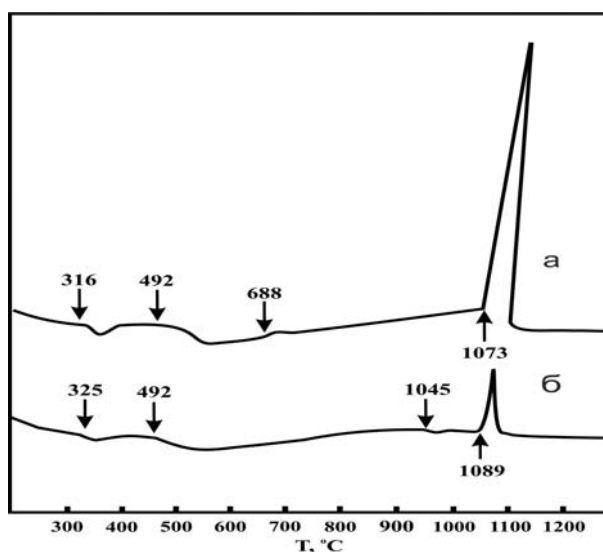


Рис. 3. Дифференциальный термический анализ порошковой смеси системы составов:

- а) 30 % FeSiMn – 65 % TiH_2 – 5 % C;
- б) 50 % FeSiMn – 50 % TiH_2

Выводы/ Таким образом, представленные результаты позволяют сделать вывод, что в результате термического синтеза титановых лигатур с использованием ферросиликомарганца независимо от процентного содержания компонентов в структуре полученных сплавов

образуются упрочняющие фазы карбида и силицида титана Ti_5Si_3 , что позволяет предполагать возможности эффективного использования синтезированных лигатур для получения высокопрочных спеченных титановых сплавов.

Литература

1. Фирстов С. А., Горбань В. Ф., Крапивка Н. А., Печковский Э. П., Даниленко Н. И., Карпец М. В. Механические свойства многокомпонентного титанового сплава // Проблемы прочности. – 2010. – № 5. – С.187÷198.
2. Ильин А. А., Колачев Б. А., Польшкин И. С. Титановые сплавы. Состав, структура, свойства. Справочник. – М.: ВИЛС – МАТИ, 2009. – 520 с.
3. Горбань В. Ф., Крапивка Н. А., Бурка М. П. и др. Высокопрочный литой β -титановый сплав // Современные проблемы физического материаловедения. – К.: Ин-т пробл. материаловедения НАН Украины. – 2008. – Вып. 17. – С. 126÷139.
4. Анциферов В. Н., Устинов В. С., Олесов Ю. Г., Спеченные сплавы на основе титана. – М.: Металлургия, 1984. – 168 с.
5. Poletti C. Production of titanium matrix composites reinforced with SiC particles / C. Poletti, M. Balog, T. Schubert // Composites Science and Technology. – 2008. – V.68. – P. 2171÷2177.
6. Sumida M. In-Situ synthesis of Ti matrix composite reinforced with dispersed Ti_5Si_3 particles via spark plasma sintering / M. Sumida, K. Kondoh // Materials Transactions. – 2005. – Vol.46, No.10. – P. 2135÷2141.
7. Frommeyer G. Structures and properties of the refractory silicides Ti_5Si_3 and $TiSi_2$ and Ti-Si-(Al) eutectic alloys / G. Frommeyer, R. Rosenkranz // Metallic Materials with High Structural Efficiency. – 2004. – V.146. – P. 287÷308.
8. Kobayashi K. Consolidation of Ti_5Si_3 dispersed Ti-based composites by pulsed current sintering / K. Kobayashi, T. Nishio // Journal of the Japan Society of Powder and Powder Metallurgy. – 2005. – Vol.52, No.4. – P. 239÷242.
9. Ивасишин О. М., Демидик А.Н., Саввакин Д. Г. Использование гидрида титана для синтеза алюминидов титана из порошковых материалов // Порошковая металлургия. – 1999. - №9/10. – С. 63-70.
10. Massalski T.B. Binary Alloy Phase Diagrams ASM International / T.B. Massalski, H. Okamoto, P.R. Subramanian, L. Kacprzak. – 1996. – 852 p.

Referens

1. Firstov S. A., Gorban' V. F., Krapivka N. A., Pechkovskij Je. P., Danilenko N. I., Karpec M. V. Mehanicheskie svojstva mnogokomponentnogo titanovogo сплава // Problemy prochnosti. – 2010. – № 5. – С.187÷198.
2. Il'in A. A., Kolachev B. A., Pol'kin I. S. Titanovye splavy. Sostav, struktura, svojstva. Spravochnik. – М.: VILS – МАТИ, 2009. – 520 с.
3. Gorban' V. F., Krapivka N. A., Burka M. P. i dr. Vysokoprochnyj litoj β -titanovyy spлав // Sovremennye problemy fizicheskogo materialo-vedenija. – К.: In-t probl. materialovedenija NAN Ukrainy. – 2008. – Вып. 17. – С. 126÷139.
4. Anciferov V. N., Ustinov V. S., Olesov Ju. G., Sпechennye splavy na osnove titana. – М.: Me-tallurgija, 1984. – 168 s.
5. Poletti C. Production of titanium matrix composites reinforced with SiC particles / C. Poletti, M. Balog, T. Schubert // Composites Science and Technology. – 2008. – V.68. – P. 2171÷2177.
6. Sumida M. In-Situ synthesis of Ti matrix composite reinforced with dispersed Ti_5Si_3 particles via

spark plasma sintering / M. Sumida, K. Kondoh // Materials Transactions. – 2005. – Vol.46, No.10. – P. 2135÷ 2141.

7. Frommeyer G. Structures and properties of the refractory silicides Ti_5Si_3 and $TiSi_2$ and Ti-Si-(Al) eu-tectic alloys / G. Frommeyer, R. Rosenkranz // Me-tallic Materials with High Structural Efficiency. – 2004. – V.146. – P. 287÷308.

8. Kobayashi K. Consolidation of Ti_5Si_3 dispersed Ti-based composites by pulsed current sintering / K. Kobayashi, T. Nishio // Journal of the Japan Society of Powder and Powder Metallurgy. – 2005. – Vol.52, No.4. – P. 239÷242.

9. Ivasishin O. M., Demidik A.N., Savvakina D. G. Ispol'zovanie gidrida titana dlja sinteza alju-minidov titana iz poroshkovykh materialov // Poroshkovaja metallurgija. – 1999. - №9/10. – С. 63-70.

10. Massalski T.B. Binary Alloy Phase Diagrams ASM International / T.B. Massalski, H. Okamoto, P.R. Subramanian, L. Kacprzak. – 1996. – 852 p.

Баглюк Г. А., Богачова А. Г., Мамонова А. А., Тихонова І. Б. Особливості формування структури при нагріванні порошкової шихти системи TiH_2 -Mn-Si-Fe-C

Досліджені особливостей взаємодії елементів суміші і фазообразования при реакційному термічному синтезі багатокомпонентної лігатури, що містить залізо, кремній, марганець і вуглець і гідрид титана. Проаналізовано термодинамічні можливості протікання ймовірних реакцій у системі TiH_2 -Mn-Si-Fe-C. Показано, що наявність у синтезованих матеріалах, незалежно від процентного вмісту компонентів у лігатурі карбиду і силіциду титана.

Ключові слова: металломатричний композит, дисперсно-зміцнений сплав, гідрид титана, термічний синтез, лігатура, фазоутворення.

Bagliuk G. A., Bogacheva A. G., Mamonova A. A., Tikhonova I. B. The features of structure formation at heating of powder mixture of TiH_2 -Mn-Si-Fe-C system

The features of mixture elements interaction and phase formation at reactionary thermal synthesis of multicomponent master alloy, that contains iron, silicon, manganese, carbon and titanium hydride, are investigated. The thermodynamics capabilities of credible reactions flowing in the system of TiH_2 -Mn-Si-Fe-C is analysed. It is discovered the presence of titanium carbide and silicide in the synthesized materials, regardless of components percentage in the initial powder mixture.

Keywords: metal matrix composite, dispersion-hardened alloy, titanium hydride, thermal synthesis, master alloy, phase formation.

Баглюк Г. А. – д.т.н., зам. директора ИПМ НАН України, г. Київ, ул. Кржижановського, 3; e-mail: gbag@rambler.ru

Богачова А. Г. – аспірантка ИПМ НАН України, г. Київ, ул. Кржижановського, 3; e-mail: dep36@ipms.kiev.ua

Мамонова А. А. – к.т.н., старший научн. сотр. ИПМ НАН України, г. Київ, ул. Кржижановського, 3; e-mail: dep36@ipms.kiev.ua

Тихонова І. Б. – ст. інженер ИПМ НАН України, г. Київ, ул. Кржижановського, 3; e-mail: dep36@ipms.kiev.ua

УДК 330.115:3307.522.4

ОЦЕНКА ВРЕМЕНИ ПРОХОЖДЕНИЯ ГРУЗОПОТОКА ПО ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ

Слободянюк М.Э., Нечаев Г.И.

EVALUATION TIME WALKTHROUGH FREIGHT FLOWS BY TRANSPORT NETWORK

Slobodyanyuk ME, Nechayev GI

В статье предложена методика оценки времени прохождения транспортного средства по транспортной сети определенной территории с учетом возможных задержек для выполнения различных операций в пути следования.

Ключевые слова: транспортная система, транспортное средство, транспортный поток, обслуживающие устройства, система массового обслуживания, закономерности распределения случайных величин, время движения.

Эффективность использования транспортной системы любого региона и ее повышение является актуальной задачей, поскольку позволяет развивать экономику региона за счет привлечения и обслуживания транзитных грузопотоков и потоков местного формирования.

Важной задачей в вопросах оценки эффективности является разработка критерия её оценки. Одной из составляющих этого интегрированного критерия. Скорость продвижения грузопотока по системе и интенсивности её загрузки λ .

Представим некоторую транспортную систему рассматриваемой территории F как систему массового обслуживания. Эта система состоит из нескольких элементов транспортной сети снабженных различными обслуживающими устройствами (таможней, пограничным переходом, карантинной службой, заправками, пунктами питания и обслуживания транспортных средств, переездами и другими элементами) оказывающими влияние на пропускную способность участка дороги. Поэтому каждый участок дороги, выделенный определенным образом по каким либо признакам, можно считать обслуживающим устройством.

Локальным (частным) критерием эффективности загрузки транспортной системы объективно является скорость продвижения транспортных средств, от которой прямопропорционально будет зависеть размер пропущенного по системе грузопотока и потока транспортных средств.

Общее время на прохождение транспортным средством выбранного пути по

транспортной системе или по транспортному коридору проходящему через эту систему будет составлять

$$T = \sum_{i=1}^n T_i + \sum_{n=1}^n \sum_{i=1}^n t_{ni} \quad (1)$$

где T_i – время на передвижение по i – му участку дороги без остановок с выбранной или установленной скоростью;

n – число участков дороги;

t_{ni} – время обслуживания транспортного средства на i пункте n -го участка дороги.

Рассмотрим общий случай, когда на участке дороги находятся несколько пунктов обслуживания на определенном расстоянии последовательно по ходу движения. Такой участок можно рассматривать как многоканальную систему массового обслуживания (СМО) с последовательным размещением обслуживающих аппаратов, например заправка, пункт ТО шиномонтаж и пункта питания. Это разновидность многоканальной многофазная система. Кроме того заправку в свою очередь можно рассматривать как многоканальную неполнодоступную СМО, когда «требования» автомобиль ждет освобождения подъезда к заправке и освобождения определенной заправочной колонки.

Если при движении по участку возникает необходимость остановки или задержки только на одном из пунктов обслуживания такую ситуацию можно рассматривать, как одноканальную СМО и время задержки (обслуживания) транспортного средства (ТС) будет зависеть от закона распределения входящего потока и закона распределения времени обслуживания. В транспортных системах время обслуживания требований чаще всего подчиняется нормальному

показательному или эрланговскому законам распределения [1,5], а в СМО с несколькими обслуживающими устройствами установленными последовательно, считается что поток ближе к пуассоновскому, а время обслуживания к экспоненциальному. [1] При пуассоновском входящем потоке и произвольном времени обслуживания, что чаще всего имеет место в транспортных потоках, среднее время ожидания обслуживания в системе можно определить по формуле Поллчека – Хинчина

$$W_q = \frac{\alpha^2}{2\mu(1-\alpha)}(1 + v_{\sigma}^2) \quad (2)$$

где α – коэффициент загрузки системы

$$\alpha = \frac{\lambda}{\mu} \quad (3)$$

λ – интенсивность потока транспортных средств;

μ – интенсивность обслуживания транспортных средств;

v_{σ} – коэффициент вариации времени обслуживания транспортного потока.

$$v_{\sigma} = \frac{\sigma_{об}}{M_{об}} \quad (4)$$

$\sigma_{об}$ – среднее квадратичное отклонение;

$M_{об}$ – математическое ожидание.

Общее время обслуживания определяется по формуле

$$t_1 = \frac{\alpha^2}{2\mu(1-\alpha)}(1 + v_{\sigma}^2) + \frac{1}{\mu} \quad (5)$$

Примером многофазных, неполнодоступных систем могут служить таможенные переходы, заправочные станции, пункты перегрузки грузов с одного на другой вид транспорта. В этом случае учитывая многовариантность законов распределения входящего потока ТС и законов распределения времени обслуживания, наиболее подходящим для их описания и определения числовых характеристик подходит распределение Эрланг-Эрланг. Тогда время обслуживания (или задержали на пункте обслуживания) определится по выражению

$$t_1 = \frac{\alpha_k^2 v_{\sigma k} (v_{\sigma k}^2 + v_{\sigma s}^2)}{2\mu_k(1-\alpha_k)(1-\alpha_k - \alpha_s v_{\sigma k}^2)} + \frac{1}{\mu_k} + \frac{\alpha_s (v_{\sigma k}^2 + v_{\sigma s}^2)}{2\mu_s(1-\alpha_s)(1-\alpha_k - \alpha_s v_{\sigma k}^2)} + \frac{1}{\mu_s} \quad (6)$$

где μ_k и μ_s – интенсивности обслуживания одним каналом, при полной его занятости и аппаратом обслуживания соответственно;

α_k – коэффициент загрузки канала $\alpha_k = \frac{\lambda}{m\mu_k}$;

m – число обслуживающих каналов;

α_s – коэффициент загрузки обслуживающего аппарата.

При числе обслуживающих аппаратов $1 \leq S \leq 4$

$$\varphi_S = \frac{\alpha^2 \alpha^S}{(S-1)!(S-1)!\alpha + S! \alpha^S - \alpha^S} \quad (7)$$

Коэффициент φ_S для СМО такого типа можно определить с использованием зависимости по формуле [1].

$v_{вх}$ и $v_{обс}$ – коэффициенты вариации интервалов входящего потока (прибытия) и времени обслуживания соответствующих «требований».

Значительные затраты времени в пути следования могут приходиться на погрузочно – разгрузочные и перегрузочные операции у попутных клиентов. Задержки на эти операции можно так же, как и в предыдущих рассмотренных случаях определить, используя аппарат теории массового обслуживания.

Предположим, что для обслуживания транзитного клиента на складе имеется, как худший вариант, одно погрузочно – разгрузочное средство т.е. имеем одноканальную разомкнутую СМО. Закон распределения входящего потока на склад чаще всего показательный, закон распределения времени обслуживания произвольный.

Исходя из этого и учитывая исследование приведенные в работах [6,7] время ожидания обслуживания можно определить по формуле

$$W = \frac{\alpha}{2\mu(1-\alpha)}(1 + v_{\sigma}^2) \quad (8)$$

Тогда время обслуживания нахождения в системе клиента (требования) можно выразить как

$$t_2 = \frac{\alpha}{2\mu(1-\alpha)}(1 + v_{\sigma}^2) + \frac{1}{\mu} + \sum t_d \quad (9)$$

где t_d – время на дополнительные операции по составлению перевозочных документов, пломбированию ТС и др. у транзитного клиента.

Таким образом, зная время движения ТС по каждому участку и суммарное время по рассматриваемой транспортной системе или транспортному коридору и объём перевезенного по ним грузов в тоннах всегда можно определить загрузку системы в ткм.

Следует отметить, что при планировании перевозок по определенным направлениям и маршрутам транспортной системы можно заранее определить время на движение по основному и альтернативным маршрутам с учетом возможного или необходимого обслуживания. Немаловажным в такой организации перевозочного процесса является возможность учета и контроля

выполняемых в пути следования операций и их обоснованность.

При ситуациях, когда в процессе движения возникает необходимость остановки ТС в нескольких пунктах обслуживания систему продвижения нужно рассматривать как многофазную неполнодоступную.

Время задержки на обслуживание в таком случае можно определить, как $\sum_{i=1}^n t_i$, с учетом законов распределения соответствующих характеристик если они будут резко отличаться от рассмотренных.

Выводы: предложен новый подход к постановке и решению задачи определения времени прохождения транспортного средства по транспортной сети определенной территории с транспортным коридором; -на основе теории массового обслуживания предложена методика определения времени прохождения транспортного средства по участкам транспортной сети, с задержками различного обслуживания по пути следования.

Л и т е р а т у р а

1. Акулиничев В.М., Кудрявцев В.А., Корешков А.Н. Математические методы в эксплуатации железных дорог М. Транспорт, 1981, 224с.
2. Матюнин И.Е., Каткало Ю.А. Применения математических методов на промышленном транспорте. Высшая школа, Минск, 1979, 152с.
3. Кофман А., Крюон Р. Массовое обслуживание. Теория и приложения. М., Мир, 1965.
4. Хинчин А.Я. Работы по математической теории массового обслуживания. Гос. Издательство физ-мат. Литературы, 1963.

R e f e r e n c e s

1. Akulinichev V. Kudryavtsev, VA, AN koreshkov Mathematical Methods in the operation of railways M. Transport, 1981, 224s.

2. Matyunin IE, Katkalo YA Application of mathematical methods in industrial transport. High School, Minsk, 1979, 152с.

3. A. Kaufman, R. Kryuon Mass service. Theory and Applications. Wiley, New York, 1965.

4. AY Khinchin The work on the mathematical theory of queuing. State. Publisher Physics and Mathematics. Literature, 1963.

Слободянюк М.Е., Нечаєв Г.І. Оцінювання часу проходження вантажо потоку по транспортній мережі.

У статті запропоновано методіку оцінки часу проходження транспортного засобу з транспортної мережі певної території з урахуванням можливих затримок для виконання різних операцій на шляху прямування.

Ключові слова: транспортна система, транспортний засіб, транспортний потік, обслуговуючі пристрої, система масового обслуговування, закономірності розподілу випадкових величин, час руху.

Slobodyanyuk M., Nechayev G. Evaluation time walkthrough freight flows by transport network

The paper proposed a method for estimating the time of passage of the vehicle on a particular area of the transport network, taking into account possible delays to perform various operations on the route.

Keywords: transport, vehicle, traffic flow, the servers, the queuing system, the patterns of distribution of random variables while driving.

Нечаєв Г.І. – д.т.н., професор, зав. кафедрою транспортних систем, СНУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Слободянюк М.Е. – к.т.н., докторант кафедри транспортних систем, СНУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Рецензент: Старченко В.Н., д.т.н., проф.

Стаття подана 3.09.2013

УДК 656.211.7

ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТА ВОДНОГО ТРАНСПОРТУ

Колодяжна Л.Г.

PROMISING DIRECTIONS OF IMPROVEMENT OF INTERACTION OF RAILWAY AND SEA TRANSPORT

Kolodyazhnaya L.G

Розглянуто перспективні напрямки вдосконалення взаємодії залізничного та водного видів транспорту. Встановлено, що взаємодія залізничного та водного видів транспорту має технічний, технологічний та організаційний аспекти рішення. Доведено, що технічні засоби та устаткування повинні бути достатнього технічного рівня для забезпечення виконання сучасних технологій. Встановлено, що подальший розвиток інфраструктури станцій портів призведе до зниження простою вагонів. Резервом роботи залізничного та морського транспортів є ефективна їх взаємодія на основі єдиної технології. Доведена необхідність забезпечення узгодженої роботи залізничного та морського транспорту на основі сучасних логістичних та інформаційних технологій

Ключові слова: взаємодія видів транспорту, напрямки розвитку взаємодії видів транспорту, причини затримки вагонів, технологічна взаємодія, організаційно-інформаційна взаємодія видів транспорту.

Постановка проблеми. На теперішній час однією із основних тенденцій розвитку світової економіки є її глобалізація. Цей етап характеризується втягненням національних економік у світову економічну систему. Посилюються взаємозв'язки між національними економіками, їхня взаємозалежність та взаємний вплив [1-5]. Це зумовило розвиток виробничих і невиробничих зв'язків між суб'єктами господарської діяльності різних країн світу, а також прискорення динаміки руху міжнародних потоків капіталу, інформації, ресурсів, товарів [6]. Це в свою чергу вимагає високого рівня організації інфраструктурного забезпечення в тому числі транспортного. Світова транспортна система представлена сукупністю інтегрованих національних систем світу, які представлені різними взаємопов'язаними та взаємодіючими видами транспорту для забезпечення як внутрішніх так і міжнародних зв'язків.

Зовнішньоекономічна діяльність є однією із ефективних форм функціонування держави яка має велику роль у підвищенні економічного добробуту держави. Зовнішній товарообіг впливає на стан платіжного балансу та фінансову рівновагу країни [7- 8].

Розвиток України на сучасному етапі, інтеграція у світове господарство, дають імпульс подальшому розширенню торговельно-економічних зв'язків з різними країнами. Це вимагає наявності високоефективної транспортної системи, її відповідності міжнародним нормам та стандартам в технічній, економічній, соціальній, організаційній та інформаційній сферах.

Транспортні перевезення товарів, в тому числі вивезення з України експортних товарів і ввезення імпорتنих товарів здійснюється різними видами транспорту [9-12].

Актуальність. В структурі економіки України транспортний комплекс є важливою складовою від ефективного функціонування якого залежить подальший розвиток економіки, активізація зовнішньополітичної діяльності, забезпечення потреб у вантажних та пасажирських перевезеннях [13-15].

Окремо один від одного кожний з видів транспорту не може забезпечити системного вирішення логістики при реалізації перевезень вантажів за участю більше одного виду транспорту [16]. Кожен вид транспорту функціонує не ізольовано, а є складовою єдиної транспортної системи. Результатом взаємодії різних видів транспорту є змішані (комбіновані) види перевезень вантажів з участю двох і більше видів транспорту.

Залізничний транспорт України займає провідну роль у транспортній системі країни. Залізничним транспортом виконується 85% вантажообігу [17-21].

Морськими маршрутами світової транспортної системи перевозяться понад 80%

усіх зовнішньоторговельних вантажів [22]. А 80% вантажів, що прибувають у порти передаються на залізницю [23]. Ефективність транспортної системи залежить від взаємодії залізничного та морського транспортів. Тому питання подальшого удосконалення взаємодії залізничного транспорту з морським є необхідним і актуальним.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Резервом роботи залізничного та морського транспортів є ефективна їх взаємодія на основі єдиної технології. Удосконалення взаємодії морського та залізничного транспорту шляхом технічного удосконалення устаткування та пристроїв розглянуто в [23-27].

Розглянуті перспективні конструкції контейнерів-цистерн, питання розміщення та надійності закріплення вагонів при перевезенні їх залізнично-паромним судном.

Зменшенню часу простой, оформленню документів, організації ритмічної роботи на основі взаємної інформації, єдиної системи оперативного планування, контролю та аналізу взаємодії різних видів транспорту в умовах залізнично-водних транспортно-логістичних вузлів присвячені роботи [28].

Удосконалення взаємодії морського та залізничного транспорту на основі логістичного управління вагонопотоками розглянуто в [29]. Особливості організації морського та залізничного транспорту при відмінності розміру партії вантажу по своїм параметрам на морському та залізничному видах транспорту розглянуто в [30].

Система постачання перевезень на теперішній час є найпоширенішим видом організації змішаних перевезень вантажів. В роботі [30] наведені результати досліджень взаємодії морського та залізничного транспорту за допомогою факторного аналізу, запропонована методика вибору раціонального штабельного зберігання, що забезпечує безперервну роботу контейнерного пункту, та визначені схеми зменшення простою вагонів під навантаженням та розвантаженням за рахунок багаторусного складування контейнерів і без зупинної видачі з терміналу.

Подальший розвиток взаємодії морського та залізничного транспортів на основі перспективних контейнерних технологій перевезень сипких вантажів, в тому числі зернових вантажів з використанням м'яких контейнерів - міцних мішків з поліпропіленової тканини, які успішно використовуються у транспортно-технологічних схемах перевезення, складування та зберігання сипкої продукції по всьому світу розглянуто в [31-32].

В [33] висвітлено проблему прямого перевантаження з судна у вагони залізниці. Проблема математично формалізована та побудована модель постачання вагонів на

вантажні фронти порту за критерієм вартості з урахуванням збитків за їх недостатньому постачанні чи несвоєчасному їх постачанні. На підставі аналізу наукових робіт встановлено, що при наявності значної кількості публікацій з проблеми взаємодії видів транспорту, відсутні дослідження по узагальненню напрямків вдосконалення взаємодії водного та залізничного транспортів.

Мета роботи. Метою роботи є обґрунтування напрямків розвитку взаємодії залізничного транспорту з морським видом транспорту

Виклад основного матеріалу. Більша частка вантажних перевезень здійснюється з участю двох і більше видів транспорту. Місцем взаємодії учасників перевезень є транспортні вузли. В Україні найбільшими є транспортні вузли взаємодії залізничного та водних видів транспорту. Якісне їх функціонування значно впливає на роботу транспортної галузі України, в тому числі залізничного транспорту.

Технічний аспект проблеми взаємодії вимагає конструкційну і потужну уніфікацію усіх елементів різних видів транспорту, які приймають участь в здійсненні перевезень у змішаних повідомленнях. Для цього необхідно узгодження пропускну та перероблюючої здатності стікуючих ліній, по котрим слідує потоки вантажів та пасажирів змішаного повідомлення, а також окремого устаткування у вузлах, наприклад, місткості залізничних колій на станціях та причалах порту, пристосованості техніки для перевантаження вантажів із вагонів в судна та автомобілі, потужності перевантажувальної техніки та ємності складів, наявності відповідних маневрових засобів.

Одним із головних інструментів якісної взаємодії залізничного транспорту з морським є наявність відповідних споруд (причали, заглиблення дна, хвилерізи, залізничні колії, складські приміщення, місця очищення вагонів), а також їх розташування відповідно до прийнятого за технічними, економічними, якісними та екологічними показниками роботи вузла взаємодії. Необхідна також відповідність параметрів рухомого складу взаємодіючих видів транспорту. Повинні мати відповідність: вантажопідйомність судна та склад поїзда (маса поїзда); вантажопідйомність вагону і автомобіля; спеціалізація судна та вагона.

Технічні засоби та устаткування повинні бути достатньо технічного рівня для забезпечення виконання сучасних технологій. Так для впровадження без перевантажувальних технологій та виключення перевантаження на наливних терміналах ведеться розробка контейнерів-цистерн. Використання таких контейнерів-цистерн дозволяє здійснити перевезення по технології « від дверей до дверей ». При зміні виду

транспорту відсутнє переливання продукту, забезпечується схоронність вантажу та безпека перевезень.

Залізнично-паромні перевезення – важлива складова комбінованих перевезень. Надійність закріплення вагонів відносно палуб головним чином впливає на стійкість паромного судна. Однією з причин загибелі морських суден та залізничних паромів є втрата їх стійкості та зміщення вантажу під час руху. Тому необхідно подальше удосконалення системи розміщення та закріплення вагонів відносно палуб паромних суден. В сучасних комбінованих перевезеннях залізнично-паромним повідомленням використовуються пристрої кріплення вагонів з палубою суден: ланцюгові стяжки з гвинтовими талрепами призначених для запобігання поздовжніх та вертикальних переміщень вагонів; упор-домкрати для розвантаження ресорного підвішування вагонів при перевезеннях; тупикові упори для сприйняття ударних навантажень при накочуванні вагонів на паром для утриманні їх на колії від поздовжнього переміщення; система подачі стисненого повітря, яка підведена до кожного з тупикових упорів і підключення гальмівної системи вагонів з метою гальмування колісних пар при транспортуванні морем. Під колеса кожного вагону встановлюються башмаки. Стійкість кузовів вагонів відносно палуб забезпечується їх закріпленням за допомогою багато обертових засобів. Технічний аспект проблеми є достатньо складним і потребує подальшої розробки.

Технологічний аспект проблеми взаємодії потребує необхідності виконання операцій обробки вантажів у транспортних вузлах за єдиним порядком, без якого перехід вантажів з одного виду транспорту на інший не можливий. Це потребує узгодженості технологічних процесів. Це відноситься до залізничних станцій, портів, під'їзних колій клієнтури та іншим ланцюгам, які знаходяться у вузлах. В багатьох транспортних вузлах організовано взаємодію залізничного та морського транспорту за єдиним технологічним процесом. В основу нової технології взаємодії покладено «план-графік» роботи транспортного вузла.

У організаційному відношенні проблема взаємодії забезпечується розробкою стабільних документів, які регламентують експлуатаційну діяльність різних видів транспорту та використанням єдиної системи оперативного планування роботи. До стабільних документів відносяться контактні графіки руху транспортних одиниць на прилеглих лініях вузлу, які гарантують узгоджену частоту і рівномірність підводу одиниць до вузлу. Важливою складовою взаємодії морського та залізничного транспорту є організація процесу перевезення вантажу. На тривалість цього процесу впливає не тільки

довершеність роботи технічного забезпечення, а й мінімізація часу простою в очікуванні черг.

На своєчасність перевантажень або перевезень вантажів на інший вид транспорту впливає процедура проходження митного контролю, розгляд та оформлення необхідних документів. Важливим інструментом вдосконалення організації взаємодії, зменшення часу простоїв та своєчасне оформлення документів є широке впровадження сучасних інформаційних технологій. Для ефективного функціонування залізничного та водного видів транспорту необхідно створення ефективної системи обліку інформацією між всіма учасниками перевезень. Чіткість взаємодії залізничного та морського на основі сучасних логістичних та інформаційних технологій сприятиме вирішенню задач відповідності підведених вагонів спроможності порту, місткості складських приміщень обсягу вантажів. Рішення задач оптимізації взаємодії залізничних та водних транспортів можливе при реалізації комплексного функціонування вантажовідправників, залізничних та морських перевізників портів на основі єдиної логістичної системи.

Інформаційна взаємодія між логістичними центрами та іншими учасниками логістичного ланцюга дозволить своєчасно здійснювати всі документальні оформлення.

Висновки. 1. На основі аналізу наукових робіт встановлено, що взаємодія залізничного та водного видів транспорту має технічний, технологічний та організаційний аспекти рішення. Доведено, що технічні засоби та устаткування повинні бути достатнього технічного рівня для забезпечення виконання сучасних технологій.

2. Встановлено, що подальший розвиток інфраструктури станцій портів призведе до зниження простою вагонів. Резервом роботи залізничного та морського транспортів є ефективна їх взаємодія на основі єдиної технології.

3. Доведена необхідність забезпечення узгодженої роботи залізничного та морського транспорту на основі сучасних логістичних та інформаційних технологій.

Л і т е р а т у р а

1. Реутов В.Є. Трансформація макрорегіональних економічних механізмів / В.Є.Реутов // Економіка та держава, 2012. – №3. – С.4-7.
2. Реутов В.Є. Сучасні тенденції та механізми впливу ринків, що розвиваються, на посткризовий розвиток глобальної економічної системи / В.Є.Реутов // Економіка та держава, 2012.– №2. – С.4-7.
3. Захарова О.В. Глобальні чинники розвитку потенціалу світової транспортної системи / О.В. Захарова // Економічний часопис - XXI. – 2011. – № 9-10. – С.14-17.

4. Блудова Т. Глобализация транспортной системы и понятие «транзитный потенциал страны» / Т. Блудова // Экономика Украины . – 2006. – №10. – С. 73-78.
5. Канов А.А. Управление экономикой в условиях глобализации: факторы влияния / А.А. Канов // Экономика, фінанси, право . – 2012. – №11. – С.15-18.
6. Радева М.М. Україна в глобальній економіці: виклики і можливості / М.М. Радева // Економіка та держава. – 2012.– №3. – С.8-11.
7. Стефаненко М.М. Методологічні заходи удосконалення організації зовнішньоекономічної діяльності на підприємстві / М.М. Стефаненко, З.А.Муртазаєва // Економіка, фінанси, право. – 2012. – №8.- С.3-5.
8. Сотніченко О.А. Товарообіг країни та фактори, які на нього впливають / О.А. Сотніченко // Економіка та держава . – 2012. – №3. – С.94-97.
9. Чернікова О.В. Інвестиційна діяльність у транспортній системі України: ретроспективний аналіз / О.В. Чернікова // Економіка та держава. – 2011. – №4. – С.81-83.
10. Вертель В.В. Залізнична транспортність експорту та імпорту: суть, аналіз і використання / В.В. Вертель О.М. Шканова // Залізничний транспорт України. –2007. – №5. – С.76-78.
11. Міщенко М.І. Розвиток процесу лібералізації на залізницях країн Європейського співтовариства / М.І. Міщенко // Залізничний транспорт України. – 2011. – №5. – С.28-31.
12. Жаворонкова Г.В. Напрями та завдання розвитку підприємств транспортно-дорожнього комплексу України / Г.В. Жаворонкова, І.П. Садловська // Залізничний транспорт України. – 2009. – №2. – С.31-35.
13. Харчук О.Г. Аналіз та перспективи розвитку автомобільного транспорту / О.Г. Харчук // Залізничний транспорт України. – 2008. – №6. – С.15-18.
14. Един А. Экономико-технологические рычаги повышения эффективности работы транспортного комплекса государства /А. Един, В. Гурнак // Экономика Украины . – 2005. – №4. – С. 29-34.
15. Кудрицька Н.В. Соціально-економічні аспекти розвитку транспортно-дорожнього комплексу України / Н.В. Кудрицька, Садловська // Залізничний транспорт України. – 2009. – №5. – С.32-34.
16. Чайковська Т. Модель управління доставкою вантажів «точно в строк» / Т. Чайковська // Прикладна економіка. – 2012. – №6. – С.59-61.
17. Христофор О.В. Можливості і перспективи впровадження швидкісних двосистемних міжрегіональних поїздів з розподіленою тягою / О.В. Христофор, Т.С. Мельник // Залізничний транспорт України. – 2011. – №3. – С.53-57.
18. Петренко Е.А. Управление железнодорожным транспортом в условиях кризиса / Е.А. Петренко // Залізничний транспорт України. – 2009. – №4. – С.28-30.
19. Гриценко Н.В. Напрямки реформування та державне регулювання розвитку залізничного транспорту України / Н.В. Гриценко, Ю.В. Слагін // Залізничний транспорт України. – 2010. – №2. – С.10-12.
20. Ломотько Д.В. Науковий підхід до визначення оцінки якості транспортних ресурсів залізниць/ Д.В. Ломотько, С.Д. Бронза, О.В. Ковальова // Залізничний транспорт України. – 2012. – №3/4. – С.31-33.
21. Козак В.В. Методологічний підхід щодо створення структури логістичного центру залізниць України / В.В. Козак, Т.В. Бутько, В.М. Кулешов, Д.В. Ломотько // Залізничний транспорт України. – 2007. – №1. – С.29-33.
22. Мітюшкіна Х.С. Створення інтегрованих енергоринків в умовах розвитку глобалізації / Х.С. Мітюшкіна // Економічний часопис –XXI. – 2011. – № 9/10. – С.24-27.
23. Бутько Т.В. Перспективи організації інформаційної взаємодії учасників перевезення в умовах залізнично-водних транспортно-логістичних вузлів / Т.В. Бутько, Д.В. Ломотько // Залізничний транспорт України. – 2007. – №6. – С.62-65.
24. Мямлин С.В. Перспективные конструкции контейнеров-цистерн для перевозки светлых нефтепродуктов, аммиака и углеводородных газов / С.В. Мямлин, Ю.В. Кебал, С.М. Кондратюк // Залізничний транспорт України. – 2012. – №2. – С.44-46.
25. Візняк Р.І. Дослідження умов експлуатації вагонів при перевезенні їх залізнично-паромним судном / Р.І. Візняк, В.В. Шевченко, А.О. Ловська, О.А. Уніч // Залізничний транспорт України. – 2009. – №1. – С.16-19.
26. Візняк Р.І. Удосконалення конструкції вантажних вагонів з метою адаптації їх до взаємодії із залізнично-паромною складовою комбінованого транспорту / Р.І. Візняк, О.Г. Краснюк, А.О. Ловська, О.А.Шкабров // Залізничний транспорт України. – 2011. – №3. – С.13-17.
27. Кириченко Г.І. Автоматизований облік часу затримки вагонів та вантажів на підходах до станцій призначення / Г.І. Кириченко, В.В. Габа, Г.С. Висоцька // Залізничний транспорт України. – 2011. – №1. – С.30-32.
28. Чеклов В.Ф. Аналіз взаємодії залізничних станцій з морськими портами та вплив їх роботи на екологію / В.Ф. Чеклов, В.М. Чеклова, О.І. Шеховцов, Т.О. Панас // Залізничний транспорт України. – 2011. – №2. – С.19-21.
29. Губачева Л.А. Особенности логистического управления грузопотоками в современных условиях / Л.А. Губачева, А.А. Андреев, Н.М. Найш // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2009. – №4 [134]. – Ч. 2. – С. 119-122.
30. Губачева Л.А. Пути усовершенствования контейнерных перевозок / Л.А. Губачева, А.А. Андреев, В.П. Щербаков, Т.Б. Ивченко // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2008. – №5 [123]. – Ч.1. – С. 158-161.
31. Михайлов Є.В. Аналіз переваг контейнеризації залізничних перевезень зернових вантажів / Є.В. Михайлов, М.М. Колесніков // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2011. – №1 [155]. – Ч. 2. – С. 133-138.
32. Михайлов Є.В. Перспективні технології перевезення сипких вантажів / Є.В. Михайлов // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2010. – №5 [147]. – Ч.2. – С. 61-64.
33. Слободянюк М.Е. Оптимізація витрат на пряме перевантаження судна в залізничні вагони у транспортному коридорі / М.Е. Слободянюк // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2012. – №5 [176]. – Ч. 2. – С. 203-206.

References

1. Reutov V.C. Transformacija makroregional'nih ekonomichnih mehanizmiv / V.C.Reutov // *Ekonomika ta derzhava*, 2012. – №3. – S.4-7.
2. Reutov V.C. Suchasni tendencii ta mehanizmi vplivu rinkiv, shho rozvivajut'sja, na postkrizovij rozvitok global'noi ekonomichnoi sistemi / V.C.Reutov // *Ekonomika ta derzhava*, 2012. – №2. – S.4-7.
3. Zaharova O.V. Global'ni chinniki rozvitku potencialu svitovoi transportnoi sistemi / O.V. Zaharova // *Ekonomichnij chasopis - HHI*. – 2011. – № 9-10. – S.14-17.
4. Bludova T. Globalizacija transportnoj sistemi i ponjatje «tranzitnyj potencial strany» / T. Bludova // *Jekonomika Ukrainy*. – 2006. – №10. – S. 73-78.
5. Kanov A.A. Upravlenie jekonomikoj v uslovijah globalizacii: faktory vlijanja / A.A. Kanov // *Ekonomika, finansi, pravo*. – 2012. – №11. – S.15-18.
6. Radeva M.M. Ukraïna v global'nij ekonomici: vikliki i mozhlivosti / M.M. Radeva // *Ekonomika ta derzhava*. – 2012. – №3. – S.8-11.
7. Stefanenko M.M. Metodologichni zahodi udoskonalennja organizacii zovnishn'oekonomichnoi dijal'nosti na pidpriemstvi /M.M. Stefanenko, Z.A.Murtazaeva // *Ekonomika, finansi, pravo*. – 2012. – №8.- S.3-5.
8. Sotnichenko O.A. Tovarobig kraïni ta faktori, jaki na n'ogo vplivajut' / O.A. Sotnichenko // *Ekonomika ta derzhava*. – 2012. – №3. – S.94-97.
9. Chernikova O.V. Investicijna dijal'nist' u transportnij sistemi Ukraïni: retrospektivnij analiz / O.V. Chernikova // *Ekonomika ta derzhava*. – 2011. – №4. – S.81-83.
10. Vertel' V.V. Zaliznichna transportomistkist' eksportu ta importu: sut', analiz i vikoristannja / V.V. Vertel' O.M. Shkanova // *Zaliznichnij transport Ukraïni*. – 2007. – №5. – S.76-78.
11. Mishhenko M.I. Rozvitok procesu liberalizacii na zaliznicjah kraïn Evropejs'kogo spivtovaristva / M.I. Mishhenko // *Zaliznichnij transport Ukraïni*. – 2011. – №5. – S.28-31.
12. Zhavoronkova G.V. Naprjami ta zavdannja rozvitku pidpriemstv transportno-dorozhn'ogo kompleksu Ukraïni / G.V. Zhavoronkova, I.P. Sadlovs'ka // *Zaliznichnij transport Ukraïni*. – 2009. – №2. – S.31-35.
13. Harchuk O.G. Analiz ta perspektivi rozvitku avtomobil'nogo transportu / O.G. Harchuk // *Zaliznichnij transport Ukraïni*. – 2008. – №6. – S.15-18.
14. Edin A. Jekonomiko-tehnologicheskie rychnagi povyshenija jeffektivnosti raboty transportnogo kompleksa gosudarstva /A. Edin, V. Gurnak // *Jekonomika Ukrainy*. – 2005. – №4. – S. 29-34.
15. Kudric'ka N.V. Social'no-ekonomichni aspekti rozvitku transportno-dorozhn'ogo kompleksu Ukraïni / N.V. Kudric'ka, Sadlovs'ka // *Zaliznichnij transport Ukraïni*. – 2009. – №5. – S.32-34.
16. Chajkovs'ka T. Model' upravlinnja dostavkoju vantazhiv «tochno v strok» / T. Chajkovs'ka // *Prikladna ekonomika*. – 2012. – №6. – S.59-61.
17. Hristofor O.V. Mozhlivosti i perspektivi vprovadzhennja shvidkisnih dvosistemnih mizhregional'nih poïzdiv z rozpodilenoju tjagoju / O.V. Hristofor, T.S. Mel'nik // *Zaliznichnij transport Ukraïni*. – 2011. – №3. – S.53-57.
18. Petrenko E.A. Upravlenie zheleznodorozhnyim transportom v uslovijah krizisa / E.A. Petrenko // *Zaliznichnij transport Ukraïni*. – 2009. – №4. – S.28-30.
19. Gricenko N.V. Naprjamki reformuvannja ta derzhavne reguljuvannja rozvitku zalizniznogo transportu Ukraïni / N.V. Gricenko, Ju.V. Elagin // *Zaliznichnij transport Ukraïni*. – 2010. – №2. – S.10-12.
20. Lomot'ko D.V. Naukovij pidhid do viznachennja ocinki jakosti transportnih resursiv zaliznic' / D.V. Lomot'ko, S.D. Bronza, O.V. Koval'ova // *Zaliznichnij transport Ukraïni*. – 2012. – №3/4. – S.31-33.
21. Kozak V.V. Metodologichni pidhid shhodo stvorennya strukturi logistichnogo centru zaliznic' Ukraïni / V.V. Kozak, T.V. But'ko, V.M. Kuleshov, D.V. Lomot'ko // *Zaliznichnij transport Ukraïni*. – 2007. – №1. – S.29-33.
22. Mitjushkina H.S. Stvorennya integrovanih energorinkiv v umovah rozvitku globalizacii / H.S. Mitjushkina // *Ekonomichnij chasopis -HHI*. – 2011. – № 9/10 . – S.24-27.
23. But'ko T.V. Perspektivi organizacii informacijnoi vzaemodii uchastnikiv perevezennja v umovah zalizniznovo-dnih transportno-logistichnih vuzliv / T.V. But'ko, D.V. Lomot'ko // *Zaliznichnij transport Ukraïni*. – 2007. – №6. – S.62-65.
24. Mjamlin S.V. Perspektivnye konstrukcii kontejne-rovcistern dlja perevozki svetlyh nefteproduktov, ammiaka i uglevodorodnyh gazov / S.V. Mjamlin, Ju.V. Keбал, S.M. Kondratjuk // *Zaliznichnij transport Ukraïni*. – 2012. – №2. – S.44-46.
25. Viznjak R.I. Doslidzhennja umov ekspluatacii vagoniv pri perevezenni ih zaliznizno-paromnim sudnom / R.I. Viznjak, V.V. Shevchenko, A.O. Lovs'ka, O.A. Unich // *Zaliz-nichnij transport Ukraïni*. – 2009. – №1. – S.16-19.
26. Viznjak R.I. Udoskonalennja konstrukcii vantazhnih vagoniv z metoju adaptacii ih do vzaemodii iz zaliznizno-paromnoju skladovoju kombinovanogo transportu / R.I. Viznjak, O.G. Krasnjuk, A.O. Lovs'ka, O.A. Shkabrov // *Zaliznichnij transport Ukraïni*. – 2011. – №3. – S.13-17.
27. Kirichenko G.I. Avtomatizovaniy oblik chasu zatrimki vagoniv ta vantazhiv na pidhodah do stancij priznachennja / G.I. Kirichenko, V.V. Gaba, G.S. Visoc'ka // *Zaliznichnij transport Ukraïni*. – 2011. – №1. – S.30-32.
28. Cheklov V.F. Analiz vzaemodii zalizniznih stancij z mors'kimi portami ta vpliv ih roboti na ekologiju / V.F. Cheklov, V.M. Cheklova, O.I. Shehovcov, T.O. Panas // *Zaliznichnij transport Ukraïni*. – 2011. – №2. – S.19-21.
29. Gubacheva L.A. Osobennosti logisticheskogo upravlenija gruzopotokami v sovremennyh uslovijah / L.A. Gubacheva, A.A. Andreev, N.M. Najsh // *Visnik Shidnoukraïns'kogo nacional'nogo universitetu im. V. Dalja*. – 2009. – №4 [134]. – Ch. 2. – S. 119-122.
30. Gubacheva L.A. Puti usovershenstvovanija kontejnernyh perevozok / L.A. Gubacheva, A.A. Andreev, V.P. Shher-bakov, T.B. Ivchenko // *Visnik Shidnoukraïns'kogo nacio-nal'nogo universitetu im. V. Dalja*. – 2008. – №5 [123]. – Ch.1. – S. 158-161.
31. Mihajlov C.V. Analiz perevag kontejnerizacii zalizniznih perevezenn' zernovih vantazhiv / C.V. Mihajlov, M.M. Kolesnikov // *Visnik Shidnoukraïns'kogo nacional'nogo universitetu im. V. Dalja*. – 2011. – №1 [155]. – Ch. 2. – S. 133-138.
32. Mihajlov C.V. Perspektivni tehnologii perevezennja sipkih vantazhiv / C.V. Mihajlov // *Visnik Shidnoukraïns'kogo nacional'nogo universitetu im. V. Dalja*. – 2010. – №5 [147]. – Ch.2. – S. 61-64.
33. Slobodjanjuk M.E. Optimizacija vitrat na prjame perevantazhennja sudna v zaliznizni vagoni u transportnomo koridori / M.E. Slobodjanjuk // *Visnik Shidnoukraïns'kogo nacional'nogo universitetu im. V. Dalja*. – 2012. – №5 [176]. – Ch. 2. – S. 203-206.

Колодяжная Л.Г. Перспективные направления совершенствования взаимодействия железнодорожного и водного транспорта

Рассмотрено перспективные направления совершенствования взаимодействия железнодорожного и водного видов транспорта. Установлено, что взаимодействие железнодорожного и водного видов транспорта имеет технический, технологический и организационные аспекты решения. Доказано, что технические средства и оборудование должны быть достаточного технического уровня для обеспечения выполнения современных технологий. Установлено, что дальнейшее развитие инфраструктуры станций портов приведет к снижению простоя вагонов. Резервом работы железнодорожного и морского транспортов является эффективное их взаимодействие на основе единой технологии. Доказанная необходимость обеспечения согласованной работы железнодорожного и морского транспорта на основе современных логистических и информационных технологий

Ключевые слова: взаимодействие видов транспорта, направления развития взаимодействия видов транспорта, причины задержки вагонов, технологическое взаимодействие, информационное взаимодействие видов транспорта.

Kolodyazhnaya L.G. Promising directions of improvement of interaction of railway and sea transport

Was examined the promising directions of improvement of interaction of railway and sea transport. Was found that the interaction of railway and sea transport has technical, technological and organizational aspects of the decision. Was proved that the facilities and equipment must be sufficient technical level to ensure implementation of modern technologies. Was found that the further development of the infrastructure of port stations will reduce the idle time of carriages. The reserve of railway and sea transport is their effective interaction based on a single technology. Was demonstrated the necessity of ensuring coordinated work of railway and sea transport on the basis of modern logistics and information technologies

Keywords: interaction modes, the directions of the interaction modes of transport, reasons of delay of the carriages, technological interaction, informational interaction modes.

Колодяжна Л.Г.- к.т.н., доцент кафедри організація перевезень і управління на залізничному транспорті, СНУ ім.В.Даля, м. Луганськ, Україна,

Рецензент: д.т.н., проф. Соколов В.І.

Статья подана 27.08.13

УДК УДК 621.433

НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТ ПО УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ТРАНСПОРТА

Шевченко Д.Ю.

DIRECTIONS WORK TO IMPROVE GAS-GENERATING PLANTS FOR INDUSTRIAL VEHICLES

Shevchenko D.

В статье проведено анализ современных технологий газификации твердых топлив, рассмотрено компоновки современных газогенераторных установок и выделено основные направления работ по дальнейшему совершенствованию автомобильных газогенераторных установок.

Ключевые слова: биомасса, газогенераторные автомобили, шнековый транспортер, пеллеты, горелки объемного горения, факельные пеллетные горелки, шнек-ворошитель.

Постановка проблемы. Во многих странах, включая наиболее развитые (прежде всего импортирующие нефть) активизировались работы по развитию технологий использования местных и возобновляемых источников энергии. Биомасса в виде древесных или сельскохозяйственных отходов наиболее доступное топливо [1].

Газификация в газогенераторных установках является наиболее эффективным способом переработки низкосернистой биомассы. Для получения генераторного газа из биомассы используются, в зависимости от типа слоя сырья и способу подвода окислителя, технологии, которые могут быть разделены на газификацию в плотном (неподвижном) слое с восходящим и нисходящим поперечным движением газа, газификацию в кипящем слое и газификацию в потоке [2].

Исследования ведутся в направлении создания и усовершенствования оборудования для термохимической конверсии биомассы. Необходимость развития этого направления обусловлена экологическими проблемами, повышением энергетических потребностей человечества, истощенностью запасов ископаемых топлив и как следствие их удорожания. При этом основные усилия

направлены на создание и совершенствование газогенераторных установок для ДВС и транспортных средств работающих в сельском хозяйстве, лесной и перерабатывающей промышленности. Мировой парк транспортных средств, сосредоточенных в этих областях составляет 100-120 млн единиц. Использование установок в сельском хозяйстве способствует образованию цены на сельскохозяйственную продукцию которая не зависит от стоимости нефтепродуктов. С этой целью в Швеции принята программа перевода сельскохозяйственного транспорта на генераторное топливо до 2010 г.[2, 3].

Основным принципом государственной политики Украины в сфере альтернативных видов топлива определено «сприяння розробці та раціональному використанню нетрадиційних джерел та видів енергетичної сировини для виробництва (видобутку) альтернативних видів палива з метою економії паливно-енергетичних ресурсів та зменшення залежності України від їх імпорту» [4].

Очевидно, актуальным для Украины обладающей запасами таких видов топлива как торф, каменный и бурый уголь, биотопливо из отходов деревообрабатывающей промышленности, биомассы из растений является развитие технологий использования местных и возобновляемых источников энергии, создание новых и совершенствование известных газогенераторных установок, в том числе для автомобильного транспорта.

Целью работы является определение, на основании анализа известных методов газификации твердого топлива, направлений конструктивного совершенствования

газогенераторных установок для промышленного транспорта.

Газогенераторные автомобили разделяют на две группы: работающие на жидком топливе, переоборудованные для временной работы на генераторном газе; специально изготовленные для постоянной работы на генераторном газе. К первой группе относятся легковые и небольшие грузовые автомобили, обладающие при работе на бензине большим запасом мощности. Экономически выгодными являются газогенераторные автомобили среднего и большого тоннажа второй группы [5, 6].

Известно, что одним из наиболее удачных технических решений является газогенератор типа Imbert. Подобные газогенераторы выпускались многими автомобильными компаниями, включая GM, Ford, Mercedes-Benz. В настоящее время фирмы Франции, VOLVO (Швеция), «Аттик» Украина, ООО «Наша-Энергия», Украина, группа компаний "Адаптика", Россия выпускают автомобильные газогенераторы, не требующие какой-либо серьезной переделки автомобиля, которые устанавливаются: на прицепе; внутри кузова; между кузовом и кабиной [7].

К недостаткам выпускаемых в настоящее время автомобильных газогенераторов относятся: уменьшение полезной площади транспортного средства; использование кускового твердого топлива – приводит к увеличению габаритных размеров; при газификации используется одновременно вся масса топлива, что необходимо для обеспечения стабильной работы; периодичность дозагрузки - требует разгерметизации системы; высокие требования к топливу - увеличение интенсивности процесса газификации достигается тщательной подготовкой топлива, отсеиванием мелочи, сортировкой топлива по размерам кусков для достижения равномерности фракционного состава, что приводит к повышению стоимости топлива. [5, 6, 8].

Современные газогенераторы используют воздушную газификацию. При этом исключаются все затраты и трудности, связанные, во-первых, с производством и использованием кислорода, во-вторых, с необходимостью двух реакторов при паровой газификации. При воздушной газификации производится генераторный газ с высшей теплотворной способностью 4-6 МДж/м³, который после очистки можно использовать в качестве топлива для ДВС [2, 9].

Для уменьшения веса газогенераторов ведутся разработки конструкций газогенераторов в направлении повышения весовых напряжений поперечного сечения шахты. В настоящее время имеются газогенераторы, работающие с весовым напряжением поперечного сечения шахты для антрацита и полукокса до 300 кг/м² час в отличие от известных - 150—180 кг/м² час. Однако при

повышении весового напряжения поперечного сечения шахты при газификации антрацита до 650 кг/м² час ухудшается состав газа, повышается содержание в газе двуокиси углерода и водяного пара. При использовании древесного топлива напряженность горения составляет 500-900 кг/м² час [5].

Как видно, конструкции выпускаемых автомобильных газогенераторных установок существенно не изменились с середины прошлого века. Специфические требования к транспортным газогенераторам (малые габариты, неустойчивость процесса газификации, переменный режим и необходимость более тщательной очистки и охлаждения газа) предполагают всесторонний анализ современных газогенераторных установок и доработки их для дальнейшей конструктивной оптимизации транспортных газогенераторов.

Известны способы получения генераторного газа из торфа, влажной древесины или ее отходов для питания ДВС в которых используются газификаторы, выполненные в виде вертикального аппарата обращенного процесса газификации и снабжены различного вида устройствами предварительной подсушки топлива подаваемого на газификацию или осушения газа на выходе [10, 11].

Современные энергетические установки предназначены для сжигания сыпучих древесных отходов влажностью топлива 6 - 60 % с грануляцией до 30 мм и кусковых отходов длиной до 0,7 м (рис. 1). В состав энергетической установки входят: вертикально расположенный бункер для сыпучего топлива, снабженный в нижней части горизонтально расположенным жестким или гибким ворошителем, шнековый транспортер для подачи и дозировки топлива, газогенератор, котел, комплект оборудования системы автоматики энергетической установки и два привода для ворошителя и шнекового транспортера. В некоторых случаях питатель подающий топливо имеет части длины, переменные, плавно уменьшающиеся в сторону выходного отверстия питателя, диаметр и шаг витков [12-15].

Сжигания в реторте с нижней подачей сырья является одной из наиболее распространенных технологий прямого процесса газификации и используется для установок небольшой мощности сжигающих малозольную биомассу (древесная щепа, опилки) влажностью до 40 % (рис. 2). Топливо через реторту шнеком проталкивается на неподвижную решетку. Первичный воздух подается под решетку через отверстия, расположенные на боковой поверхности реторты. Вторичный воздух подается через ряд отверстий, расположенных над вершиной конусообразной горки топлива. Для высокочольной биомассы (кора, солома) требуется более эффективная

система удаления золы. Кроме того, частицы спекшейся золы, покрывающие поверхность слоя

топлива, могут вызвать нестабильность процесса в топках с подачей сырья снизу [16, 17].

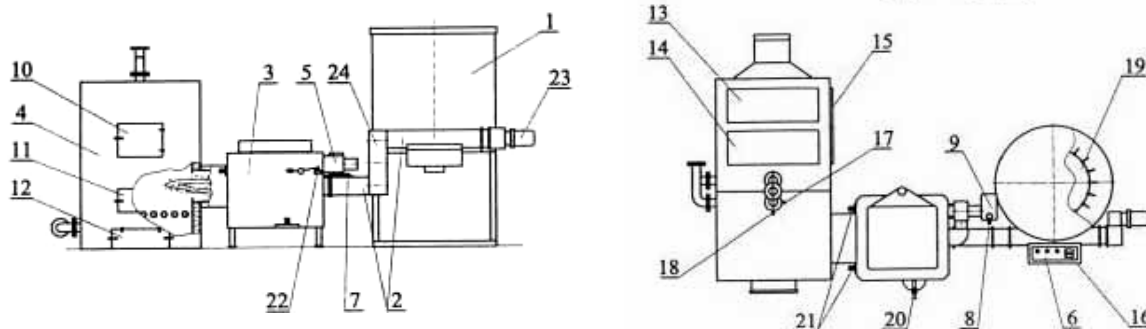


Рис. 1. Компонентная схема энергетической установки АГТУ-250

1 - бункер; 2 - механизма подачи топлива включающий транспортер шнековый; 3 - газогенератор; 4 - котел; 5 - вентилятор наддува; 6 - блок управления двигателем редуктора; 7 - датчик температуры воздуха в шнековом транспортере; 8 - насос водяной системы пожаротушения в шнековом транспортере; 9 - резервуар с водой; 10, 11, 12, 15- дверца топki верхняя, нижняя, зольника, очистки дымоходов; 13, 14 - люки для очистки; 16 - измеритель-регулятор температуры ИРТ; 17, 18 - датчик максимально допустимой температуры воды в котле и измерителя-регулятора температуры ИРТ; 19 - ворошитель топлива; 20, 21 - ручка управления воздушной заслонки и вторичного воздуха; 22 - выключатель концевой; 23 - мотор-редуктор механизма подачи топлива; 24 - затвор шлюзовый.

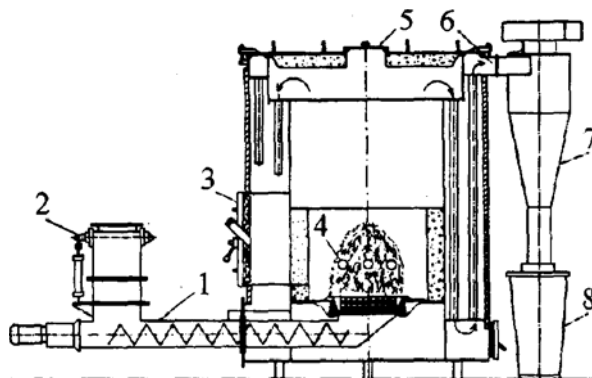


Рис.2 Котел фирмы KARA (Нидерланды) с нижней подачей топлива

1 – механический шнековый погрузчик; 2 - пожарный кран; 3 – люк смотрового отверстия; 4 – отверстие для ввода вторичного воздуха; 5 – клапан, изменяющий давление; 6 – канал для выхода газа из котла; 7 – фильтр для очистки газа; 8 – контейнер с золой

В связи с ростом популярности пеллетного топлива в настоящее время выпускается большое количество пеллетных котлов различных моделей: Vitolig 300 от VISSMANN (Германия), GD-WB от GRANDEG (Латвия), Biomatic от THERMIA (Швеция), Benekov ling и Pelling 27 от BENEKOV (Чехия), BioMaster, Pelletsessel USP от KWB (Австрия), Logano SP251 от BUDERUS и Pro solar от PRO SOLAR ENERGIETECHNIK (Германия) и др. Существуют два основных типа пеллетных котлов: со специальными пеллетными горелками (как внешними, так и внутренними) и более простые модели, в которых горелка отсутствует, а сжигание пеллет происходит в топочной арматуре. Первый тип котлов, КПД которых доходит до 96,8 %, подразделяется на две подгруппы: встроенные пеллетные горелки и пеллетные горелки которые можно демонтировать

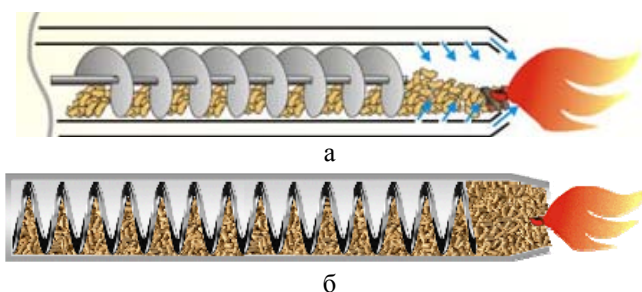
и перевести котел на другой вид топлива (уголь, дрова). Отличие котлов с наличием горелки:

более эффективное сгорание, чем на топочной арматуре, связано это с тем, что на специализированной пеллетной горелке установлены датчики, влияющие на сжигание пеллет (например, датчик температуры, оптический датчик пламени) и дополнительные активные механизмы (ворошитель золы, система авторозжига). Подача воздуха в специализированной горелке осуществляется, направлено и, как правило, зонально, т.е. существует область подачи первичного воздуха и вторичного воздуха. В обычной топочной арматуре этого нет.

В пеллетных котлах со специальными пеллетными горелками используются горелки объемного горения (рис. 3) и факельные пеллетные горелки (рис. 4). Рабочий орган горелок может

быть обычным осевым шнеком (рис 3а), пружиной (для мягких материалов) и безосевым шнеком повышенной мощности с толщиной спирали до 12 мм для подачи практически любого топлива: щепы, угля, кускового материалы, топлива с большим удельным весом (рис 3б). Достоинство осевого шнека – дешевизна, простота конструкции и крепления. Недостатком системы с осевым шнеком является частый ремонт или замена системы, так как крупные частицы материала попадают между краями самого шнека и наружной трубой, что приводит к преждевременному износу рабочего органа, а иногда, и к заклиниванию; длина жесткого шнека пеллетного котла не может превышать 1,5-2 метра. Несоблюдение этого требования приведет к тому, что вместо пеллет на выходе будет стружка и опилки, так как пеллеты будут перемолоты шнеком. Достоинством без осевого шнека является: максимальный объем продукта в трубопроводе — до 70% больше, чем у аналогичного осевого шнекового транспортера — достигается из-за отсутствия внутреннего вала; позволяют подавать продукт под наклоном и изгибам; низкое энергопотребление; простейший монтаж; долгий срок и безопасность эксплуатации; бережную транспортировку продукта; бесшумность; исключение при работе застойных зон; отсутствие при работе транспортера пыли. Недостатком использования гибкого шнека является более сложная, по сравнению с жестким шнеком система крепления самого шнека, а также более сложный расчет размеров пружины.

Сжигание пеллет в горелке факельного типа происходит в воздушном потоке, создаваемом вентилятором горелки. Поступающие в зону горения пеллеты быстро превращаются в пылающие угли и сгорают, образуя факел пламени, температура которого достигает 1200°C. Зола, оставшаяся от древесных топливных гранул,



из зоны сгорания осыпается в зольник, откуда автоматически (с помощью шнека с электроприводом) или в ручную удаляется. Основное преимущество факельных пеллетных горелок - компактные размеры, позволяющие установить горелку в камеры газификации небольших размеров, простая в исполнении и надежная в эксплуатации. К недостаткам можно отнести: у котлов с горелками факельного типа КПД несколько ниже, чем у теплогенераторов с горелками объемного типа (котлы Gilles от компании GILLES (Австрия), Logano SP131 от фирмы BUDERUS и др.) - он не превышает 90,1%; меньшую, по сравнению с горелками объемного горения, мощность; направленность пламени - происходит нагрев локальной области котла.

Наиболее эффективная является пеллетная горелка объемного горения (рис.4) устанавливаемая в топке котла. В зависимости от компоновки, механизм подачи либо насыпает гранулы в горелку сверху (рис. 5а), либо подает их через отверстие в ее днище (рис. 5б). Топливо к горелке подводится внешним шнеком, который управляется встроенным в горелку фотосенсором с помощью которого отслеживает наполнение бункера горелки гранулами. После наполнения бункера внешний шнек отключается, и внутренний шнек транспортирует топливо на решетку горения, где оно воспламеняется при помощи электрической спирали. Для подачи воздуха в зону горения под горелкой установлен вентилятор. Проблемные места горелки (рис 4): 1- чем меньше угол наклона (чем плавнее изгиб) тем меньше образовывается шлака, при большом количестве шлака может произойти остановка подающего шнека. 2 – длина шнека, чем длиннее шнек - тем больше древесной пыли, которая осложняет процесс горения.

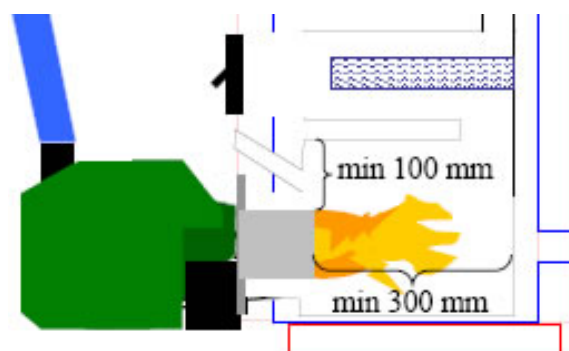


Рис.3 Факельная автоматическая пеллетная горелка: а - с осевым шнеком AgroLine; б - с безосевым шнеком повышенной мощности

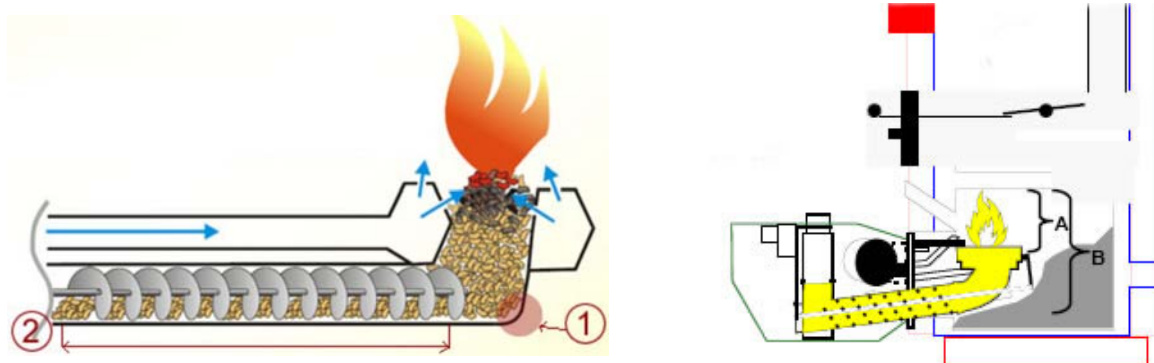
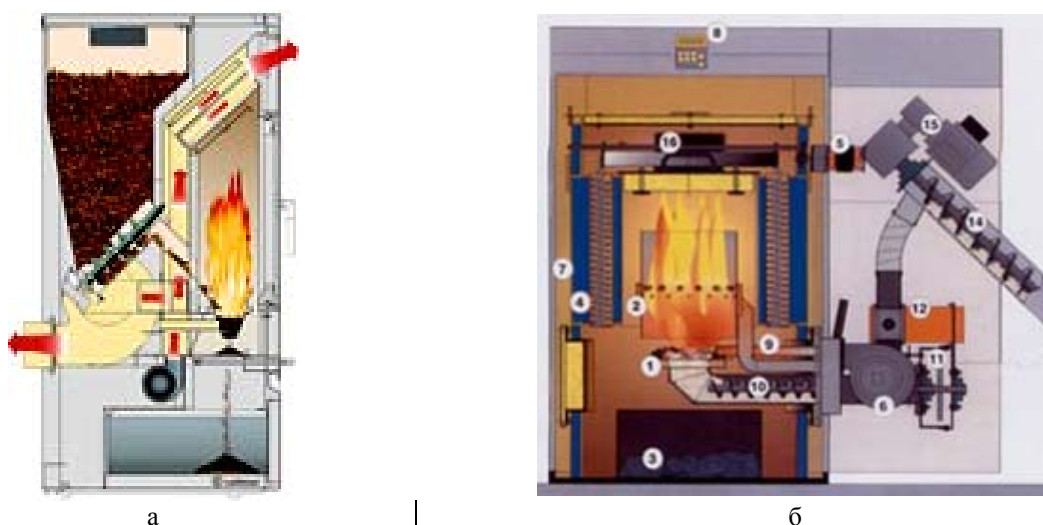


Рис. 4. Горелка объемного горения BioLine 20-50

Рис. 5. Котлы со специальными пеллетными горелками
а - пеллетный котел с топочной арматурой; б - пеллетный котел с пеллетной горелкой

У автоматических котлов система подачи пеллет «разбита» на две независимые части, каждый со своим отдельным электромотором – внешний шнек и внутренний шнек, соединенные, как правило, легкоплавким шлангом, что является дополнительной защитой (помимо основных) от обратного огня (рис. 6, 7). Автоматизированный топочный аппарат, работающий на древесной щепе (5-50 мм), стружке, гранулированном угле с размером зерна 8-25 мм, смеси мелкой фракции угля (до 25мм) и угольной пыли, в соотношении 1:2, либо на паллетах, сочетается в едином моноблоке твердотопливный котел и стокер (рис.8). Стокер (бункерная горелка) — это бункер объемом 0,5-1 м³, оборудованный шнековым транспортером для подачи топлива, переходящим в горелочное устройство с вентилятором наддува, которая позволяет автоматизировать ход горения топлива. Недостатком автоматизированный топочного аппарата то, что бункер горизонтально жестко привязан к горелке, т.е невозможно опустить бункер ниже уровня горелки или поднять выше, в результате чего пространство используется не рационально. Для решения этой проблемы требуется использование еще одного шнека плюс

модуль сопряжения работы электромоторов. Кроме того, использование системы защиты от «обратного огня» в жестком шнеке подразумевает либо использование огнетушителя, либо еще одного шнека и воздушной камеры, что ведет к усложнению всей системы. В случае использования цепной передачи получается достаточно шумная конструкция.

Существуют различные виды транспортеров, ворошителей и микродозаторов топлива и компоновки их в питателях. Известны микродозатор для сыпучих материалов, содержащий бункер с расположенным внутри него вертикальным валом с ворошителем и дозирующим органом в форме цилиндрическо-конической спирали, питатель сыпучих материалов, содержащий два соосных ленточных шнека различного диаметра, расположенных в нижней части бункера [18], питатель содержащий полый ленточный шнек, расположенный в нижней части расходного бункера, и соосно с ним установленный спиральный шнек малого диаметра, расположенный начальным участком внутри полого ленточного шнека, а конечным участком - в выходном патрубке [19]. Питатель содержащий бункер с ворошителем топлива и

винтовой питатель, имеющий цилиндрическую заборную и коническую напорную части. Шаг витков в заборной части составляет 0,8 диаметра ее витков, напорная часть содержит 3 витка с переменным, плавно уменьшающимся в сторону выходного отверстия питателя шагом, составляющим соответственно 0,7; 0,6 и 0,5

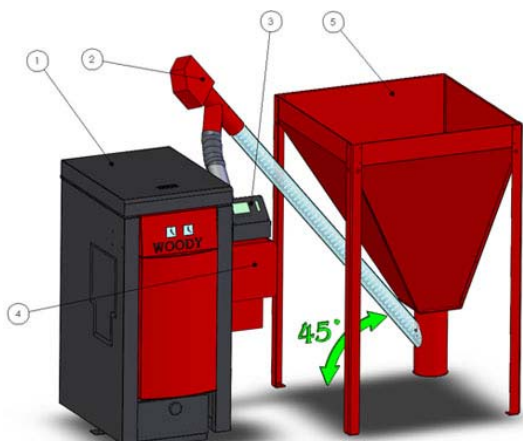


Рис. 6. Автоматический котел WOODY

1 - котел; 2- внешний шнек для подачи пеллет с электродвигателем; 3 - электронный блок управления; 4 - горелка с внутренним шнеком и электродвигателем; 5 стандартный бункер

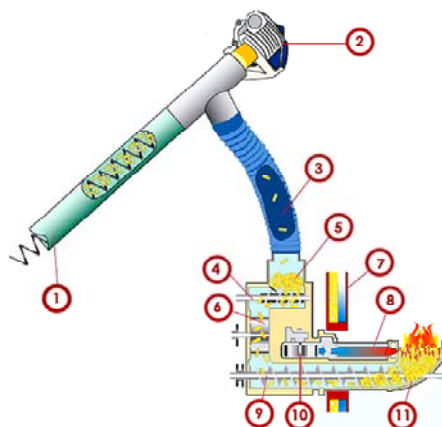


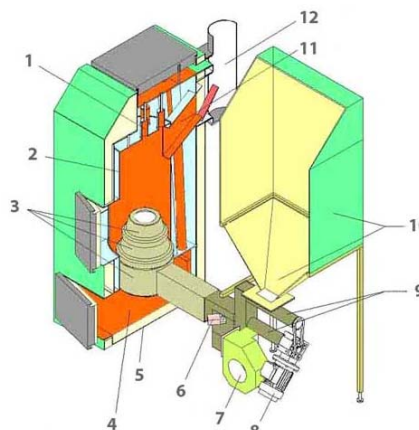
Рис. 7. Автоматический котел BioMaster

1 - труба шнека, опускаемая в бункер; 2 - электромотор внешнего шнека; 3 - легкоплавкий шланг; 4 - шнек внутреннего бункера; 5 - внутренний бункер горелки (дозатор); 6 - лепестковый клапан; 7 - стенки котла с теплоносителем; 8 - воздухопровод; 9 - шнек подачи пеллет в зону горения; 10 - нагнетатель воздуха; 11 - зона горения пеллет.



Рис. 8. Стальной отопительный котел типа ECO GT-KWP

1 - жаровые трубы; 2 - контур теплоносителя; 3- пеллетная горелка; 4 - емкость сбора золы; 5 - теплоизоляция; 6 - автоматическая заслонка; 7 - вентилятор наддува; 8 - привод шнеков подачи пеллет; 9 - шнеки подачи пеллет; 10 - пеллетный бункер; 11 - обходной канал; 12 - выход дымовых газов



Исходя из выше изложенного, можно выделить основные рекомендации, которые будут полезны при проектировании современных установок, а именно:

- устройства должны быть компактными и не тяжелыми;
- оборудование должно работать в сложных погодных условиях;
- устройства и оборудование должны устанавливаться на транспортных средствах,

которые резко ускоряются и так же резко останавливаются.

Выводы. Анализ современных технологий газификации твердых топлив по размерам установки, надежности, диапазону и динамичности изменения объемов получаемого газа, по полезной площади транспортного средства, не уменьшая ее, дает возможность следующим образом сформулировать основные выводы по направлению работ

дальнейшего усовершенствования автомобильных газогенераторных установок:

1. Экономически выгодными являются грузовые газогенераторные автомобили средней и большой грузоподъемности.

2. Экономически целесообразно и безопасно использовать газогенераторы с воздушной газификацией.

3. Для уменьшения размера камеры газификации и веса газогенераторов наиболее эффективно использование древесного топлива напряженность горения которого составляет 500-900 кг/м².

4. Среди различного вида твердых топлив, входящих в топливно-энергетический баланс Украины, наиболее доступным, экологически чистым и эффективным для газогенераторов является биомасса в виде древесных отходов.

5. Для автоматизированных автомобильных газогенераторных установок, оптимальным топливом являются, пеллеты использование которых дает возможность организовать автоматизированную бесперебойную подачу их из накопительного бункера шнековым транспортером в зону газификации топлива.

6. Применения пеллетного топлива дает возможность разделить реакционную и бункерную зоны газогенератора, что позволит разместить газогенераторную установку под кузовом грузового автомобиля и уменьшить общий вес газогенератора, поскольку бункер может быть изготовлен из тонколистовой стали или из композиционного материала.

7. Наиболее эффективной является горелка объемного горения с рабочим органом в виде осевого шнека, шаг винтовой линии которого непостоянен по его длине: в зоне загрузки - шаг более мелкий, чем в основной транспортной зоне.

8. Размещение бункера под кузовом автомобиля требует горизонтального его расположения и применение шнека-ворошителя в виде полого ленточного шнека.

Литература

1. Овсянко А.Д. Справочник. Топливная гранула: Россия, Беларусь, Украина/ А.Д. Овсянко/ Санкт-Петербург, Биотопливный портал WOOD-PELLETS.COM, 2007 г. 200 с.

2. Гелетуха Г.Г., Железная Т.А. Обзор технологий газификации биомассы // Экологические и ресурсосбережение. - 1998. - № 2. - С. 21-29.

3. Самылин А.А. Автомобильный газогенератор – технология будущего // ЛесПромИнформ. – 2005. - №7 (29). – С. 74-76.

4. Про альтернативні види рідкого та газового палива : Закон України від 14 січ. 2000 р. ВР № 1391-XIV // Відомості Верховної Ради України. - 2000. - № 12.

5. Токарев Г.Г. Газогенераторные автомобили / Г.Г. Токарев / Машгиз., 1955. – 205 с.

6. Юдушкин Н.Г. Генераторные тракторы / Н.Г. 3. Юдушкин / Государственное научно-техническое издание машиностроительной литературы, 1955. – 242 с

7. Самылин А.А. Автомобильный газогенератор – технология будущего // ЛесПромИнформ. – 2005. - №8 (30). – С. 80-84.

8. Энергетические установки с газовыми поршневыми двигателями// Под ред. д.т.н. проф. Л.К. Коллерова. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд., 1979. – 25 с.

9. A.V. Bridgwater. Thermal conversion of biomass and waste: the status. Proc. of Conference “Gasification: the Clean Choice for Carbon Management”, 8-10 April 2002, Noordwijk, the Netherlands, pp. 1-25.

10. Пат. RU № 2376482, МПК F02B43/08 Способ газификации топлива для питания двигателя внутреннего сгорания и установка для его осуществления / В. П. Комаров, А. Н. Ульянов, Ю. Н. Шаповалов, Э. Н. Куфа, В. А. Андреев, О. В. Долгих, Е. В. Скляднев. Оpubл. 20.12.2009 Бюл. №36

11. Пат. RU № 2099553, МПК F04B 43/08 Способ получения и использования генераторного газа и установка для его осуществления / А.Я. Шквар, В. С. Наливайко, А. А. Шквар, С. В. Наливайко. Оpubл. 20.12.1997 Бюл. №38

12. Пат. RU № 99856, МПК F23K 3/14 Устройство для подачи твердого топлива к установкам для сжигания/ О.В. Семичев. Оpubл. 2010 Бюл. №33

13. Пат. 2123635 RU МПК F22B33/18, C10J3/86 Энерготехнологическая установка с газогенератором и газогенератор для газификации органосодержащих отходов / Л.В.Зысин, А. С. Савус, В.Н. Моршин, И.Я. Маронею. Оpubл. 20.12.1998. Бюл. № 48.

14. E. Kurkela, P. Stahlberg, P. Simell & J. Leppalahti. Updraft Gasification of Peat and Biomass, Technical Research Centre of Finland, Laboratory of Fuel Processory Technology, 02150, Espoo, Finland, Biomass 19(1989), p. 37-46.

15. Пат. 84090 RU МПК F23K Механизм подачи топлива / С.Г. Черезов Оpubл. 27.06.2009. Бюл. № 25.

16. Obernberger J. Decentralized Biomass Combustion : State of the Art and Future Development/ /Biomass and Bioenergy. - 1998. - Vol. 3, №1. - p. 33-56.

17. Гелетуха Г.Г., Железная Т.А. Обзор современных технологий сжигания древесины с целью выработки тепла и электроэнергии Часть 1. // Экологические и ресурсосбережение. - 1999. - № 5. - С. 3-12.

18. Рогинский Г.А. Дозирование сыпучих материалов. - М.: Химия, 1978, с. 110.

19. Пат. 2198854 RU МПК C03B3/00, C03B5/173, F27D3/08 Питатель сыпучих и комкующихся компонентов стекольной шихты/ В.В. Ефременков, В.П. Громов, В.В. Ручкин, К.Ю. Субботин. Оpubл. 20.02.2003 Бюл. № 3.

20. Пат. 2143339 RU МПК B29C31/02 Бункер-ворошитель / М.Е. Воробьев, С.В. Дьяконов, Н.Н. Хмелевской. Оpubл. 27.12.1999. Бюл. № 28.

References

1. Ovsjanko A.D. Spravochnik. Toplivnaja granula: Rossija, Belarus', Ukraina/ A.D. Ovsjanko/ Sankt-Peterburg, Biotoplivnyj portal WOOD-PELLETS.COM, 2007 g. 200 s.

2. Geletuha G.G., Zheleznaia T.A. Obzor tehnologij gazifikacii biomassy // Jekotnologii i re-sursosberezhenie. - 1998. - № 2. - S. 21-29.

3. Samylin A.A. Avtomobil'nyj gazogenerator – tehnologija budushhego // LesPromInform. – 2005. - №7 (29). – S. 74-76.

4. Pro al'ternativni vidi ridkogo ta gazovogo pali-va : Zakon Ukraïni vid 14 sich. 2000 p. BP № 1391-XIV // Vidomosti Verhovnoi Radi Ukraïni. - 2000. - № 12.

5. Tokarev G.G. Gazogeneratornye avtomobili / G.G. Tokarev / Mashgiz., 1955. – 205 s.

6. Judushkin N.G. Generatornye traktory / N.G. 3. Judushkin / Gosudarstvennoe nauchno-tehnicheskoe izdanie mashinostroitel'noj literatury, 1955. – 242 s

7. Samylin A.A. Avtomobil'nyj gazogenerator – tehnologija budushhego // LesPromInform. – 2005. - №8 (30). – S. 80-84.

8. Jenergeticheskie ustanovki s gazovymi porshnevymi dvigatel'jami// Pod red. d.t.n. prof. L.K. Kollerova. – L.: Mashinostroenie, Leningr. otd., 1979. – 25 s.

9. A.V. Bridgwater. Thermal conversion of biomass and waste: the status. Proc. of Conference “Gasification: the Clean Choice for Carbon Management”, 8-10 April 2002, Noordwijk, the Netherlands, pp. 1-25.

10. Pat. RU № 2376482, MPK F02V43/08 Sposob gazifikacii topliva dlja pitanija dvigatelja vnutrennego sgoranija i ustanovka dlja ego osushhestvlenija / V. P. Komarov, A. N. Ul'janov, Ju. N. Shapovalov, Je. N. Kufa, V. A. Andreev, O. V. Dolgih, E. V. Skljadnev. Opubl. 20.12.2009 Bjul. №36

11. Pat. RU № 2099553, MPK F04B 43/08 Sposob poluchenija i ispol'zovanija generatornogo gaza i ustanovka dlja ego osushhestvlenija / A.Ja. Shkvar, V. S. Nalivajko, A. A. Shkvar, S. V. Nalivajko. Opubl. 20.12.1997 Bjul. №38

12. Pat. RU № 99856, MPK F23K 3/14 Ustrojstvo dlja podachi tverdogo topliva k ustanovkam dlja szhiganiya/ O.V. Semichev. Opubl. 2010 Bjul. №33

13. Pat. 2123635 RU MPK F22B33/18, C10J3/86 Jenergotehnologicheskaja ustanovka s gazogeneratorom i gazogenerator dlja gazifikacii organosoderzhashhij othodov / L.V.Zysin, A. S. Savus, V.N. Morshin, I.Ja. Maroneju. Opubl. 20.12.1998. Bjul. № 48.

14. E. Kurkela, P. Stahlberg, P. Simell & J. Leppalahti. Updraft Gasification of Peat and Biomass, Technical Research Centre of Finland, Laboratory of Fuel Processiry Technology, 02150, Espoo, Finland, Biomass 19(1989), p. 37-46.

15. Pat. 84090 RU MPK F23K Mehanizm podachi topliva / S.G. Cherezov Opubl. 27.06.2009. Bjul. № 25.

16. Obernberger J. Decentralized Biomass Combustion : State of the Art and Future Development/ /Biomass and Bioenergy. - 1998. - Vol. 3, №1. - p. 33-56.

17. Geletuha G.G., Zheleznaia T.A. Obzor sovremennyh tehnologij szhiganiya drevesiny s cel'ju vyrabotki tepla i jelektroenergii Chast' 1. // Jekotnologii i re-sursosberezhenie. - 1999. - № 5. - S. 3-12.

18. Roginskij G.A. Dozirovanie sypuchih materialov. - M.: Himija, 1978, s. 110.

19. Pat. 2198854 RU MPK C03B3/00, C03B5/173, F27D3/08 Pitatel' sypuchih i komkujushhihsja komponentov stekol'noj shihty/ V.V. Efremenko, V.P. Gromov, V.V. Ruchkin, K.Ju. Subbotin. Opubl. 20.02.2003 Bjul. № 3.

20. Pat. 2143339 RU MPK B29C31/02 Bunker-voroshitel' / M.E. Vorob'ev, S.V.D'jakonov, N.N.Hmelevskoj. Opubl. 27.12.1999. Bjul. № 28.

Шевченко Д.Ю. Направлення робіт щодо вдосконалення газогенераторних установок для промислового транспорту

У статті проведено аналіз сучасних технологій газифікації твердих палив, розглянуто компонування сучасних газогенераторних установок і виділено основні напрямки робіт щодо подальшого вдосконалення автомобільних газогенераторних установок.

Ключові слова: біомаса, газогенераторні автомобілі, шинковий транспортер, пелети, палик об'ємного горіння, факельні пелетні палики, шинк-ворошитель.

Shevchenko D. U. Directions work to improve gas-generating plants for industrial vehicles

The article analyzes the modern technology of gasification of solid fuels, discussed the layout of modern gas-generating plants and the basic directions of work to further improve the car gas-generating plants.

Keywords: biomass, gas-generating cars, screw conveyor, pellets, bulk combustion burners, flare Pellet burners, screw-turner.

Шевченко Д.Ю. – старший преподаватель кафедры «Компьютерные технологии на промышленном и городском транспорте», ВНУ им. В.Даля, Украина, e-mail:shevchenkodu@mail.ru

Рецензент: Губачева Л.А. проф., д.т.н.

Статья подана: 31.07.2013

**ВІСНИК
СХІДНОУКРАЇНСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ
№ 9 (198) 2013**

Науковий журнал

Редактор З.І. Андронova

Оригінал-макет Г.Є. Федорова

Підписано до друку 09.09.2013 р.
Формат 70 x 108 1 /16. Папір офсетний. Гарнітура Arial Суг.
Друк офсетний. Умов. друк. арк. 24,7. Обл. друк. арк. 25,8.
Наклад 300 прим. Вид. № 2911. Замовлення № _____. Ціна вільна.

Видавництво
Східноукраїнського національного університету
імені Володимира Даля

Свідоцтво про реєстрацію: серія ДК № 1620 від 18.12.03 р.

Адреса видавництва: 91034, м. Луганськ, кв. Молодіжний, 20 а,
Телефон (0642) 41-34-12. Факс (0642) 41-31-60.
E-mail: uni@snu.edu.ua