

**НАПРЯМОК
«РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ»**

УДК 629.463.62:629.3.015.4

*Р.І. Візняк, А.О. Ловська
R.I. Viznyak, A.A. Lovskaya*

**ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВАГОНА-ПЛАТФОРМИ,
ЩО ЗАВАНТАЖЕНИЙ КОНТЕЙНЕРАМИ ЗА УМОВИ ЗНАХОДЖЕННЯ НА
ЗАЛІЗНИЧНОМУ ПОРОМІ ПІД ЧАС ПЕРЕВЕЗЕННЯ**

**FNOESTIGATION OF DYNAMIC FEATURES OF A CONTAINER LOADED
FLAT CAR WHEN TRANSPORTED BY A SEA TRAIN**

З метою підвищення ефективності обігу контейнерних вантажів із залученням морської складової міжнародних транспортних коридорів прогнозується їх перевезення вагонами-платформами (ВПФ) із заходом на залізничні пороми (ЗП).

У зв'язку з тим, що динамічні процеси, які відбуваються з вагонами при перевезенні їх ЗП в умовах хвилювання моря значно відрізняються від звичайних умов експлуатації на магістральних коліях, то з метою забезпечення безпеки руху таких комбінованих перевезень складено математичні моделі переміщень ВПФ, завантаженого контейнерами при перевезенні ЗП.

При складанні першої математичної моделі розглянуто випадок можливих переміщень ВПФ відносно палуби ЗП, другої – випадок жорсткого закріплення ВПФ. Обмеженнями даних моделей є ударна дія морських хвиль на корпус ЗП з ВПФ, які розміщені на його борту, відсутність переміщень контейнерів відносно рами ВПФ.

Вхідні параметри математичних моделей: геометричні характеристики ЗП, гідрометеорологічні характеристики акваторії Чорного моря, координати розміщення ВПФ відносно центру коливань ЗП. У зв'язку зі значними геометричними характеристиками елементів ЗП, для якого проводилися розрахунки, початкові швидкості та прискорення приймалися рівними нулю; для ВПФ же початкове

переміщення визначалося на підставі можливих зміщень елементів візка відносно початкового положення, а початкова швидкість приймалася рівною нулю.

Проведені розрахунки дозволили визначити максимальні прискорення, які приходяться на ВПФ, що розміщений на крайній від фальшборта колії верхньої палуби ЗП з урахуванням його можливих переміщень відносно палуби та встановити, що при висоті морської хвилі 8 м величина прискорення складає близько 1,6g, для ВПФ, який розміщений на головній палубі ЗП, – 0,3g, на трюмній – 0,2g, що в декілька разів перевищують прискорення при звичайних умовах експлуатації вагонів.

Для випадку жорсткого закріплення ВПФ відносно палуби ЗП прискорення склали: для ВПФ, який розміщений на крайній від фальшборта колії верхньої палуби, – 0,25g, головної палуби – 0,21g, трюмної – 0,2g. Отже, з метою зменшення інерційних зусиль, які діють на ВПФ з контейнерами при перевезенні морем, необхідно забезпечити жорстке закріплення його несучої конструкції відносно палуби.

На підставі проведених розрахунків стає можливим оптимізувати розміщення ВПФ, завантаженого контейнерами відносно палуб ЗП, що дозволяє зменшити навантаженість його несучої конструкції при комбінованих залізнично-поромних перевезеннях.

**МЕТОДИ ФОРМУВАННЯ СЦЕНАРІЇВ РОЗВИТКУ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ
З РЕМОНТУ ВАГОНІВ**

**METHODS OF FORMATION OF SCENARIOS OF DEVELOPMENT
OF PRODUCTION SYSTEMS ON REPAIR OF CARS**

За останні роки лінійні процедури та підходи в управлінні виробничими системами з ремонту вагонів показали низьку ефективність та гнучкість в умовах існування стохастичних ринкових процесів. Для використання формально і фактично істинних моделей виробництва потрібним є залучення нових методів аналізу складних систем, які спроможні до урахування варіабельності шляхів розвитку складних систем у часі. До таких методів, враховуючи досвід використання у суміжних наукових галузях, можливо віднести методи нелінійної динаміки, теорії катастроф, синергетики та ін., які повною мірою можуть бути використані і для виробничих систем з ремонту вагонів.

Основою аналізу вказаних виробничих систем є системний підхід, завданням якого є моделювання процесів функціонування системи у часі. Функціонування системи припускає постійну взаємодію утворюючих її елементів. Тобто негативний вплив на одні елементи системи вплине і на показники якісного стану інших елементів системи.

Вважається, що на виробничу систему постійно впливають зовнішні фактори, деякі з яких викликають збурення. Це відповідає потраплянню системи в зону "форс-мажорних обставин", тобто під вплив ненормативних, непередбачених при

проектуваних системи, екстремальних факторів, що можуть мати раптовий характер. За основу моделі береться формально представлена структура системи, що дозволяє детально відтворити всі можливі варіанти поширення зовнішніх впливів за елементами системи. Модель при заданих навантаженнях на деяку множину елементів системи, викликаних різними зовнішніми впливами, визначає темп і терміни досягнення системою граничного стану.

Основне завдання моделювання структурного руйнування системи – з'ясувати, за яких умов система може перейти в критичний стан. (Початкові причини пошкодження системи можуть бути як внутрішніми, так і зовнішніми). Перехід системи в критичний стан означає, що в системі почався процес структурного руйнування, але це не значить, що система остаточно припинила функціонувати. Систему можна вважати такою, що вийшла з ладу, тільки в тому випадку, коли зміни, що відбулися в структурі системи, будуть задовольняти критерії відмови. Тому однією з основних характеристик у моделі структурного руйнування буде служити час структурного руйнування $T_{ср}$, що відтворює тривалість самого процесу структурного руйнування.

УДК 629.4.027.23

С.В. Мямлин, А.В. Кивишева
S.V. Myamlin, A. Kivisheva

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВАГОНОСТРОЕНИЯ

NEW TECHNOLOGIES OF CAR BUILDING

XXI в. должен стать веком экономии топливно-энергетических ресурсов и охраны окружающей среды. В связи с этим необходима реализация соответствующих мер по улучшению не только технических, но и экологических показателей подвижного состава.

Одним из рациональных решений было предложение японской компании JR East, разработавшей программу Group Vision. Было учтено, что на электроподвижном составе задачи снижения шума, затрат природного топлива и загрязнения окружающей среды успешно решаются за счет присущих ему особенностей. Поэтому основные усилия были направлены на совершенствование дизельного подвижного состава. Главной же целью было существенное улучшение экологических характеристик. Радикальное решение этой проблемы найдено в применении комбинированного тягового привода с использованием дизельного двигателя и аккумуляторной батареи.

Идею создания гибридного подвижного состава подхватила компания

BOMBARDIER. Ею разработан новый гибридный поезд «MITRAC». После проведения эксплуатационных испытаний оказалось, что использование гибридной системы питания приводит к снижению:

- загрязнения воздуха до 80 %;
- расхода топлива до 40 %;
- уровня шума до 40 %;
- эксплуатационных расходов до 20 %.

До последнего времени сокращение потребления топлива на дизель-поездах и рельсовых автобусах достигалось путем уменьшения массы, улучшения процесса сгорания в двигателях и повышения эффективности тягового привода в целом. Тем не менее энергетические характеристики дизельного подвижного состава оставались примерно на 30 % худшими, по сравнению с электрическим, что усугублялось и худшими экологическими характеристиками. Сейчас же, с идеей использования аккумуляторной батареи в процессе движения, появляется возможность решить многие проблемы, описанные ранее, и выйти на новый уровень обеспечения пассажирских перевозок.

УДК 621.44.3:678-462

А.О. Каграманян, А.В. Онищенко
A.O. Kagramanjan, A.V. Onishchenko

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ ТЕПЛОВИХ АКУМУЛЯТОРІВ З ТЕПЛОАКУМУЛЮЮЧИМ МАТЕРІАЛОМ, ЩО ПЛАВИТЬСЯ

FEATURES OF CALCULATION OF HEAT ACCUMULATORS WITH MELTED BY THE HEAT-RETAINING MATERIAL

При аналізі процесів в акумуляторі теплоти (АТ) передбачається, що вся теплота, яка підводиться до АТ при

заряджанні, передається в теплоаккумуляуючий матеріал (ТАМ), а при розряджанні вся теплота, що передана

теплоносієві контуру енергетичної установки, відібрана від акумулятора. Це справедливо, якщо теплові втрати від пристроїв, що підводять та відводять теплоту, малі в порівнянні з втратами теплоти самого АТ. На практиці ж підведення і відведення теплоти здійснюється найчастіше при постійних витратах теплоносія й теплофізичних властивостях системи.

В АТ з ТАМ, що плавляться, процеси заряджання або розряджання відбуваються за рахунок плавлення або затвердіння при фіксованій температурі, причому тверда й рідка фази розділені чіткою границею, обумовленою рівнянням

$$F(x, y, z, t) = 0$$

При цьому:

1) при переході через границю повинна зберігатися нерозривність розподілу температури;

2) на границі повинні зберігатися умови балансу енергії.

Тобто для визначення основних характеристик акумулятора теплоти з фазовим переходом необхідний детальний опис процесів, що відбуваються в акумуляторі, що вимагає урахування механізмів досить тонких фізичних процесів: випромінювання й конвекції в АТ, зміни об'єму при фазових перетвореннях, анізотропних властивостей ТАМ і т.п. На базі таких розрахунків визначаються параметри в кожній точці об'єму акумулятора, що дозволяє проводити всебічні його дослідження.

Для оцінки ж габаритів і основних показників АТ часто використовуються спрощені математичні моделі, у яких вирішується сталість властивостей ТАМ і теплоносія, перенесення тепла тільки в одному напрямку, нехтування теплоємністю ТАМ і ряд інших. Це дозволяє для різних типів акумуляторів одержати залежності, що дозволяють визначити основні їхні параметри.

УДК 621.575.004.15:661.53

Ю.А. Бабіченко
J.A. Babichenko

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОМАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ

IDENTIFICATION AND MODELING OF HEAT- AND MASS EXCHANGE PROCESSES

Однією з важливих дільниць відділення синтезу агрегатів серії АМ – 1360, що забезпечують вилучення продукційного аміаку з циркуляційного газу, є дільниця вторинної конденсації. Процес конденсації здійснюється за рахунок охолодження циркуляційного газу в двох випарниках, один з яких включений до схеми роботи двох абсорбційних холодильних установок, що утилізують низькопотенціальну теплоту, а інший – до схеми аміачного турбокомпресорного холодильного агрегату.

Ключовими апаратами абсорбційних холодильних установок, які визначають тиск і температуру вторинної конденсації, є абсорбер та випарник. Розроблені алгоритми статичної ідентифікації для випарника і абсорбера дозволили визначити кількісні та якісні залежності для основних параметрів зв'язку – коефіцієнт термічного опору для випарника, абсорбера і частки активної поверхні процесу масобміну в абсорбері.

Дослідження впливу витрати флегми з випарника на ефективність процесу охолодження дали можливість установити

екстремальний характер залежності та розробити систему супервізорного управління, пошук екстремуму організувати безградієнтним методом крокового типу і використати алгоритм одновимірного пошуку (методи Фібоначчі, «золотого перерізу») цільової функції – температури охолодження циркуляційного газу.

Сумісний розгляд процесів тепло – і масопереносу для промислових абсорберів абсорбційних холодильних установок у широкому діапазоні тисків 0,2 – 0,5 МПа

дозволили встановити кількісні та якісні залежності показників ефективності їх роботи. Особливу цікавість мають залежності за такими показниками, як кількість поглиненого аміаку, частка активної поверхні та тепловий потік від витрати низькоконцентрованого розчину.

Отримані результати дозволяють вивчити вплив теплового навантаження на ефективність роботи абсорбційних холодильних установок та розробити практичні рекомендації щодо підвищення їх холодопродуктивності.

УДК 621.1

I.M. Овсянникова

I.M. Ovsyannikova

ОЦІНКА РОСТУ ТАРИФІВ НА ТЕПЛОВУ ЕНЕРГІЮ В ПОБУТОВОМУ СЕКТОРІ

EVALUATION OF THE THERMAL ENERGY TARIFF GROWTH IN THE DOMESTIC SECTOR

Одним з найважливіших елементів паливно-енергетичного комплексу є тепла енергетика. Ціна – грошове вираження вартості товару (продукції, виробів, робіт, послуг), тобто та кількість (сума) грошей, яку покупець платить за товар. У даному випадку плата споживача за надання теплових послуг – опалення та гаряче водопостачання, залежить безпосередньо від тарифу на теплоносій. Тариф на теплову енергію складається з витрат на енергоресурси, частка яких у вартості теплоенергії складає 75-85 % .

Проведено аналіз зростання цін на енергоносії для підприємств теплоенергетики для «категорії населення». За вихідні дані використано ціни на газ, електроенергію та воду, як на біржовому

ринку, так і конкретні ціни для підприємств теплозабезпечення за період 2004-2012 рр. За допомогою методу найменших квадратів та цих середньорічних даних знайдена функціональна апроксимована залежність, яка має вигляд $f(x) = 122,47x - 2,0592$. Аналогічно отримана функція, що відображає залежність росту тарифу на електроенергію: $f(x) = 122,47x - 2,0592$. На підставі отриманих рівнянь з урахуванням частки енергоносіїв у тарифі на теплову енергію спрогнозовано тариф на теплову енергію до 2020 р. Показано, що єдиний напрямок подальшого забезпечення населення теплотою є зменшення теплоспоживання.

УДК 621.43.054:662.758.2

В.А. Корогодський
V.A. Korohodskiy

**ПІДВИЩЕННЯ ПАЛИВНО-ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ДВИГУНА
З ІСКРОВИМ ЗАПАЛЮВАННЯМ ШЛЯХОМ РАЦІОНАЛЬНОГО КІЛЬКІСНО-
ЯКІСНОГО СПОСОБУ РЕГУЛЮВАННЯ ПОТУЖНОСТІ**

**IMPROVING THE ENVIRONMENTAL PERFORMANCE OF THE FUEL
AND SPARK-IGNITION ENGINE THROUGH PROPER QUANTITATIVE AND
QUALITATIVE METHOD OF POWER CONTROL**

Подано аналіз експериментальних досліджень двотактного двигуна ДН-4 (S/D=87/82) з іскровим запалюванням. Експеримент проводився на кафедрі ДВЗ НТУ «ХП».

Спочатку було порівняно показники ДН-4 з карбюратором (зовнішнє сумішоутворення, кількісне регулювання потужності (КРП)) і при безпосередньому вприску палива (БВП) (внутрішнє сумішоутворення, якісне регулювання потужності (ЯРП)) в зміщену до випускного вікна напіврозділену камеру згоряння (КЗ). БВП дозволив зменшити витрату палива в 1,3÷1,7 разу і в 20 разів знизити викиди CO і СН у ВГ.

При КРП на часткових навантаженнях і БВП у зміщену до випускного вікна КЗ знижені втрати тепла в стінки, збільшена частка ефективного використання тепла, що узгоджується зі зниженням температури ВГ на 50÷70 °С по відношенню до КРП і в середньому в 1,5 разу зниження витрати палива. Однак організація КРП при збагаченні паливно-повітряної суміші (ППС) розшарованого паливно-повітряного заряду (РППЗ) поряд зі зниженням викидів

СН в середньому на 8 % призвело до підвищення кількості викидів в ВГ CO на 80 % й досягло 0,3 %. Підвищення навантаження понад 75 % проводилось за рахунок КРП.

Подальше зменшення витрати палива і зниження ШР з ВГ зроблено за рахунок розширення ефективного збіднення ППС РППЗ шляхом інтенсивного підведення повітря в область згоряння. Новий робочий процес при БВП у симетричну КЗ дозволяє використовувати кількісно-якісне регулювання потужності (К-ЯРП).

При порівнянні показників двигуна з БВП при ЯРП і К-ЯРП визначено більш ніж у 1,8 разу зменшення витрати палива на часткових навантаженнях і в 1,35 разу при максимальному навантаженні й К-ЯРМ. При цьому на мінімальних навантаженнях вміст CO у ВГ знижено з 0,05 до 0,02 %, а при максимальних навантаженнях обмежено до 0,17 %, що в 10 разів менше, ніж при БВП у зміщену до випускного вікна КЗ і ЯРП. Застосування раціонального К-ЯРП дозволяє більш ніж у 25 разів скоротити викиди СН у ВГ.

УДК 662.997

В.М. Воробьев, И.О. Гуныга, С.В. Угольников
V.M. Vorobyov, I.O. Guniaga, S.V. Ugolnikov

СХЕМНЫЕ РЕШЕНИЯ ГЕЛИОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КОГЕНЕРАЦИОННЫХ УСТАНОВОК

SOLAR ELECTRIC POWER COGENERATION ASSEMBLY SCHEMATICS

Современная энергетика уделяет возрастающее внимание разработке и внедрению установок, использующих нетрадиционные источники энергии. К ним относятся установки по преобразованию лучистой энергии Солнца в электрическую энергию и тепло. Наиболее эффективными, простыми и надежными в эксплуатации являются гелиоколлекторы. К ним относятся установки, в которых солнечная энергия преобразуется в тепловую энергию теплоносителя. Превращение солнечной энергии в электрическую энергию осуществляется в полупроводниковых фотоэлектротрансформаторах (ФЭП). Наибольшее распространение в настоящее время в силу технологических особенностей производства и относительной дешевизны получили конструкции элементов ФЭП на основе кремния. Они характеризуются невысокими коэффициентами преобразования энергии (до 15 %). Кроме того, отличительной особенностью таких ФЭП является снижение коэффициента преобразования при нагреве, приводящее к падению напряжения, генерируемого элементом. При нагреве элемента на один градус выше 25 °С он теряет в напряжении 0,002 В. С учетом того, что на каждом элементе в «холодном» состоянии

генерируется 0,5 В, в яркий солнечный день элементы нагреваются до 60-70 °С и при этом теряют 0,07-0,09 В.

Актуальным является вопрос охлаждения элементов ФЭП. Такое охлаждение обеспечивается при установке элементов на специальную панель, внутри которой циркулирует охлаждающий теплоноситель. Температура теплоносителя после элементов ФЭП оказывается недостаточной для коммунальных целей и требуется дополнительный его подогрев. При этом предварительно нагретый теплоноситель может быть догрет до требуемого уровня в гелиоколлекторе. Это реализуется в различных схемных решениях компоновки охлаждаемых панелей с элементами ФЭП и гелиоколлекторов.

Схемные решения предусматривают различные режимы эксплуатации с учетом суточных, погодных, сезонных особенностей воздействия солнечной энергии на компоненты когенерационной системы, которая одновременно вырабатывает электрическую и тепловую энергию. Это достигается за счет использования принципа аккумуляирования обоих видов энергий и возможности автоматизированного управления направлением движения теплоносителя.

УДК 662.997

В.М. Воробьев, О.В. Руденко, С.В. Угольников
V.M. Vorobyov, O.V. Rudenok, S.V. Ugolnikov

СОЗДАНИЕ ГЕЛИОКОЛЛЕКТОРНЫХ КРОВЕЛЬ И ПОКРЫТИЙ

ROOFINGS AND COVERINGS WITH SOLAR COLLECTORS DESIGN

В настоящее время летом значительное количество электроэнергии расходуется на обеспечение комфортных условий в помещениях различного назначения. Для этого используются автономные и центральные кондиционеры, отводящие избыточное тепло в окружающую среду. В приходной части теплового баланса помещения значительное количество тепла приходится на нагреваемые Солнцем ограждения. При снижении уровня поглощения ограждениями солнечного излучения снижается и поток отводимого из помещений тепла. Одним из возможных решений этой проблемы может быть создание охлаждаемых ограждений, которые конструктивно выполняются по принципу плоского гелиоколлектора. Как известно, эти гелиоколлекторы с лучевоспринимающей стороны имеют, как правило, стеклянное покрытие, образующее воздушный зазор с лучепоглощающим абсорбером, внутри которого циркулирует нагреваемый теплоноситель. В существующих конструкциях гелиоколлекторов величина этого воздушного зазора составляет 30-50 мм и получена из соображений компактности и экономии материала. Однако при создании охлаждаемых ограждений такой зазор не всегда удовлетворительно может быть

адаптирован в конструктивные элементы ограждений (стен и кровли).

Результаты расчетных исследований влияния размера зазора на величину теплового потока, выполненных по известным методикам, продемонстрировали следующее: 1) величины конвективной составляющей теплового потока в зазоре близки по своим абсолютным значениям для всех используемых методик; 2) увеличение зазора приводит к снижению конвективной составляющей теплового потока.

Полученные результаты подтверждают вывод о потенциальной эффективности использования охлаждаемых ограждений зданий. При этом прозрачное покрытие может размещаться практически на любом расстоянии от абсорбера, что позволяет использовать для их крепления конструктивные элементы стен и кровли. Нагретый теплоноситель может быть использован в коммунальных и теплотехнологических целях (например в системе горячего водоснабжения). В холодное время года для такой конструкции кровли может быть реализован обратный процесс, обеспечивающий управляемое таяние снежного покрова с последующим отводом талой воды.

**УЧЕТ ЭФФЕКТА ЧАСТИЧНО-ДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ
ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ТЕМПЕРАТУРНОГО СОСТОЯНИЯ ПОРШНЯ**

**THE ACCOUNTING OF EFFECT OF PARTIAL AND DYNAMIC THERMAL
INSULATION WHILE MODELING A TEMPERATURE CONDITION
OF THE PISTON**

Актуальным направлением работ в современной двигателестроительной отрасли является комплексное повышение экономичности, экологичности и надежности двигателей внутреннего сгорания. Одним из путей этого улучшения выступает применение низкотеплопроводных покрытий на поверхности камеры сгорания поршня. Его наличие приводит к возникновению эффекта частично-динамической теплоизоляции. Здесь колебание поверхностной температуры приближено к колебанию температуры рабочего тела на протяжении цикла. Указанный эффект влечет уменьшение теплового потока в стенки и, при определенных условиях, позитивно сказывается на наполнении цилиндра свежим зарядом и качестве пристеночного сгорания, выбросах вредных веществ.

Для учета влияния такой теплоизоляции на рабочий процесс, расчета ресурсной прочности, проектирования и оптимизации конструкций с покрытием необходимо моделирование нестационарного высокочастотного температурного состояния теплоизолированного поршня. Ранее подобная задача теплопроводности

решалась только в одномерной постановке либо с использованием упрощающих методик, которые не позволяют учесть влияние колебания температуры на её среднюю величину.

Предложена методика расчета трехмерного высокочастотного температурного поля поршня, основанная на разделении его тела на две расчетные области – трехмерной стационарной и многозонной одномерной нестационарной теплопроводности приповерхностного слоя. Общее решение в указанных областях ищется в итерационном приближении.

На основе моделирования температурного состояния поршня с корундовым покрытием для двух режимов работы дизеля 4ЧН12/14 установлены локальные и средние по поверхности колебания температуры, зависимости их размахов и средних значений от толщины теплоизоляции, произведено уточненное моделирование рабочих процессов.

Получена зависимость снижения температуры поршня под покрытием от его толщины. Выделены составляющие этого снижения: динамическая, вызванная колебанием температуры, и статическая, связанная с термическим сопротивлением покрытия. Выполнено их сравнение.

УДК 621.43

О.О. Осетров, С.С. Кравченко
O.O. Osetrov, S.S. Kravchenko

**ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОБНИЦТВА І ВИКОРИСТАННЯ
СИНТЕТИЧНИХ ГАЗОВИХ ПАЛИВ У ДВЗ**

**PROBLEMS AND PROSPECTS OF PRODUCTION AND
GAS FUELS USE IN ENGINES**

На сьогодні не викликає сумніву актуальність проблеми виробництва і використання альтернативних джерел енергії для двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ). Відомо, що Україна має значні поклади кам'яного вугілля й торфу, а також велику кількість сільськогосподарських відходів, які доцільно використовувати як джерело енергії для ДВЗ.

Безпосереднє спалювання твердих палив у ДВЗ мало перспективне, оскільки вимагає корінних змін конструкції двигуна та його систем. Проте процеси переробки вугілля, торфу та біомаси в газові або рідкі моторні палива вже давно відомі і широко використовуються у світі. Зокрема в результаті газифікації вихідної сировини отримують синтез-газ – суміш газів, основними з яких є монооксид вуглецю CO і водень H_2 . Синтез-газ може бути безпосередньо використаний як паливо у двигунах внутрішнього згоряння або як сировина для виробництва водню H_2 , синтетичного природного газу (SNG), метанолу, синтетичного бензину або дизельного палива, аміаку та великої кількості інших хімічних речовин.

Перспективи того чи іншого синтетичного палива слід розглядати із застосуванням комплексного підходу, який включає оцінку сировинної бази для його

виробництва, фізико-хімічних властивостей вихідної сировини, наявності необхідної інфраструктури, ефективності виробництва синтез-газу, його очищення і переробки, екологічності, показників енергетичних установок та ін.

Проаналізовано історію і сучасний стану проблеми виробництва синтетичних палив, сировинну базу, особливу увагу приділено питанням ефективності процесів і технологій виробництва синтетичних палив в умовах України.

Розглянуто способи використання різних синтетичних палив у ДВЗ. Проаналізовано показники паливної економічності і токсичності двигунів при безпосередньому використанні синтез-газу, додаванні його до основного палива, а також використанні рідких і газових синтетичних палив, одержаних із синтез-газу.

Найбільш ефективним є використання синтез-газу безпосередньо та як добавки до основного палива. Застосування рідких та газових синтетичних палив на цей час економічно не вигідно внаслідок високої собівартості їх виробництва.

Показано, що застосування всіх видів синтетичних палив приводить до покращення показників токсичності, але водночас витрата палива збільшується.

УДК 621.436

I.G. Pozhidayev, A.O. Prokhorenko
I.G. Pozhidayev, A.O. Prokhorenko

**ЗМЕНШЕННЯ ВТРАТ ПОТУЖНОСТІ НА ПРИВОД ПНВТ МАЛОЛІТРАЖНОГО
ДИЗЕЛЯ З ПАЛИВНОЮ СИСТЕМОЮ АКУМУЛЯТОРНОГО ТИПУ**

**REDUCTION OF POWER LOSSES BY THE DRIVE THE FUEL PHP OF
THE SMALL-CAPACITY DIESEL WITH FUEL SYSTEM OF STORAGE TYPE**

Усе більший попит на засоби малої механізації обумовлює постійне зростання потреби в малолітражних двигунах. Зважаючи на це сучасний малолітражний дизель повинен мати високі економічні показники та відповідати жорстким вимогам до складу відпрацьованих газів, які встановлено стандартами екологічної безпеки. У свою чергу виконання цих вимог напряму пов'язане з інтенсифікацією паливоподачі та гнучким управлінням її параметрами. Таким високим вимогам сьогодні відповідають сучасні акумуляторні паливні системи з електронним керуванням. Але і вони недосконалі, бо в таких системах паливоподачі частина виробленої механічної енергії безповоротно втрачається на нагнітання паливним насосом високого тиску (ПНВТ) надлишкового палива до акумулятора, яке через клапан регулювання тиску в акумуляторі повертається до паливного бака. І оскільки паливо розширюється,

енергія на його стиснення втрачається, що у свою чергу знижує загальний ККД системи. Зважаючи на це, важливими з точки зору покращення ефективності паливної апаратури є заходи щодо зменшення механічних втрат на привод ПНВТ дизеля.

Розглянуто шляхи зменшення механічних втрат на привод ПНВТ малолітражного дизеля керуванням його подачею.

Проведений аналіз дозволяє зробити висновок, що для зменшення втрат потужності на привод ПНВТ, а отже, підвищення механічного та ефективного ККД дизеля з акумуляторною паливною системою, остання повинна містити пристрій, що дозволяє змінювати подачу незалежно від частоти обертання вала насоса і тиску в акумуляторі.

Подальший напрямок робіт пов'язаний з розробленням концепції конструкції ПНВТ, що дозволить зменшити механічні втрати дизеля на його привод шляхом керування подачею.

УДК 621.45.038

V.O. Pilev, O.M. Klimenko

V.O. Pilev, O.M. Klimenko

**ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ ПОКРАЩЕННЯ РЕСУРСНОЇ МІЦНОСТІ ПОРШНЯ
ПРИ ВИКОРИСТАННІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ЙОГО
МАСЛЯНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ**

**ASSESSMENT OF IMPROVEMENT POSSIBILITY OF RESOURCE DURABILITY OF
THE PISTON WHILE USING SYSTEM OF AUTOMATIC OIL COOLING CONTROL**

Сучасний стан розвитку двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) передбачає

високий рівень їхнього форсування за середньооефективним тиском та швидкісним

режимом, що призводить до інтенсифікації процесів у циліндрі. Це неодмінно провокує підвищення навантаження на деталі камери згоряння (КЗ) та зумовлює погіршення показників надійності ДВЗ, насамперед його поршня – однієї з найбільш теплонапружених деталей КЗ.

Масляне охолодження широко застосовується для зниження температурного навантаження на поршень, що у свою чергу покращує його ресурсну міцність.

Однак при нерегульованому масляному охолодженні поршнів відбувається їх переохолодження на неномінальних режимах навантаження, що може привести до погіршення сумішоутворення і збільшення відносних теплових втрат та навіть до погіршення надійності та довговічності поршнів.

Тому актуальним є завдання регулювання теплового стану поршнів (ТСП) високофорсованих дизелів в умовах експлуатації.

Зроблено оцінку резервів підвищення ресурсної міцності конструкції на основі застосування регульованого масляного охолодження.

Розрахункове дослідження виконано на прикладі поршня дизеля 4ЧН12/14, яке показало зростання ресурсної міцності конструкції у 4,3 і більше разів при застосуванні регульованого масляного охолодження поршня.

Таким чином, отримані результати свідчать про можливість застосування САР температурного стану поршня, що забезпечує суттєве підвищення ресурсної міцності кромки КЗ поршня в експлуатації.

УДК 621.9.52

Г.В. Біловол
G.V. Bilovol

МОДЕЛЮВАННЯ СТРУКТУР СПОСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

THE MODELING STRUCTURE OF MEANS TO INCREASE ENERGY-EFFICIENT OF PRODUCTIONS PROCESSES

Енергоспоживання основного технологічного обладнання, а також енергія, якої потребує виконання підготовчих процесів виробництва, є одними із складових собівартості продукції і визначають ступінь її конкурентоспроможності на сучасному ринку. Тому питанням підвищення енергоефективності виробничих систем приділяється багато уваги.

Одними з найважливіших показників, що визначають енергоефективність виробничої системи в цілому, є тривалість виробничих циклів та потужність обладнання, що задіяне при виконанні технологічного процесу. Тобто пошук технічних та організаційних заходів з

підвищення енергоефективності виробництва необхідно проводити за двома напрямками:

1) зменшення потужності, яка споживається основним технологічним обладнанням, що може досягатись за рахунок застосування сучасних технічних засобів та енергозберігаючих технологій;

2) зменшення тривалості основних виробничих циклів та холостих ходів. Останні, як відомо, теж значно впливають на показник споживаної потужності виробничою системою.

Для зменшення тривалості циклів можна застосувати системний підхід до виявлення множини способів підвищення швидкодії виробничих процесів, який

ґрунтується на встановленні зв'язків між функціями, які визначають тривалість циклу (основні дії O_d , допоміжні (підготовчі, заключні та забезпечуючі) дії

D_d та простої P_p), та прийомами, які впливають на тривалість часу реалізації функцій: (виключення B_k , зменшення Z_m та суміщення C_m).

$$M_{cp} = \{Z_m \times O_d, C_m \times O_d, B_k \times D_d, Z_m \times D_d, C_m \times D_d, B_k \times P_p, Z_m \times P_p, C_m \times P_p\}.$$

Для кожного способу наведеної множини необхідно розробляти свої заходи та умови, що забезпечать їх реалізацію на різних ієрархічних рівнях системи: робоче місце, лінія, цех. Різниця буде полягати в конкретизації об'єктів O_d , D_d , P_p для кожного окремого випадку. Прикладом застосування способу $Z_m \times O_d$ на рівні робочого місця є підвищення швидкодії виконавчих механізмів, на рівні лінії –

вибір мінімальних робочих траєкторій та ін.

Конкретизуючи кожен спосіб наведеної множини можна створювати відповідні бази даних, які дозволять при автоматизованому проектуванні виробництв спрямовано та впорядковано виявляти резерви й розробляти заходи з підвищення енергоефективності робочих процесів на різних ієрархічних рівнях виробничих систем.

УДК 621.436

В.І. Мороз, О.В. Братченко
V.I. Moroz, A.V. Bratchenko

ОСОБЛИВОСТІ ПРОФІЛЮВАННЯ НЕСИМЕТРИЧНИХ ГАЗОРОЗПОДІЛЬНИХ КУЛАЧКІВ ТРАНСПОРТНИХ ДИЗЕЛІВ

FEATURES ASYMMETRIC GAS DISTRIBUTION CAM PROFILING TRANSPORT DIESELS

Відзначено актуальність науково-дослідних робіт, спрямованих на поліпшення техніко-економічних показників перспективних транспортних дизелів серії ДТ. Виділено роль досліджень щодо забезпечення якісних газообмінних процесів у циліндрі за рахунок застосування в конструкції розподільних валів нових безударних газорозподільних кулачків з несиметричними профілями.

Представлені результати профілювання кулачків привода клапанів дослідних дизелів типу 4ДТНА2, що забезпечують несиметричні (за умов якісного протікання газообмінних процесів у циліндрах) закони руху клапанів, яке проводилось з використанням нової методики, розробленої на кафедрі «Механіка і проектування машин».

УДК 629.42

В.І. Мороз, О.В. Братченко, В.І. Громов
V.I. Moroz, A.V. Bratchenko, V.I. Gromov

**АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЧЕПЛЕННЯ В ПЕРЕДАЧАХ
З РІЗНИМ СТУПЕНЕМ ЗНОСІВ ЗУБЦІВ**

**ANALYTICAL STUDY OF THE LINK IN THE PROGRAMS
WITH VARYING DEGREES OF WEAR OF TEETH**

Підкреслено необхідність визначення характеристик зачеплення зубців з різними ступенями зносу. Встановлено, що на цей час така задача вирішується в основному шляхом моделювання зачеплення пари зубців з реальними робочими профілями з використанням різних систем геометричного моделювання. При цьому шестірня «прокручується» з заданим кутовим кроком, фіксуються точки контакту, будується лінія зачеплення, на основі якої зроблені основні характеристики. За рівнем трудомісткості і

точності оцінок такі підходи не повністю задовольняють вимоги автоматизованого проектування. Це визначає актуальність розробки аналітичних методів дослідження процесу і характеристик в передачах з різним ступенем зносу зубців.

Представлено новий підхід до проведення аналітичного дослідження зачеплення в передачах, який передбачає отримання і використання математичних описів профілів зубців і визначення основних характеристик їх зачеплення.

УДК 621.436

О.А. Логвіненко
A.A. Logvinenko

**ВИСОКОЕФЕКТИВНІ КУЛАЧКИ ДЛЯ МЕХАНІЗМІВ ПРИВОДА ВПУСКНИХ
ТА ВИПУСКНИХ КЛАПАНІВ ЧОТИРИТАКТНИХ ТЕПЛОВИЗНИХ
ДИЗЕЛІВ Д80 ТА Д49**

**HIGH-PERFORMANCE CAMS FOR DRIVE MECHANISMS
INTAKE AND EXHAUST VALVE FOUR-STROKE
DIESEL ENGINES D80 AND D49**

Висвітлено перспективний напрямок розробок з підвищення техніко-економічних і екологічних показників дизелів, що встановлюються на магістральних та маневрових тепловозах рухомого складу залізниць України. Зазначено, що в рішенні досягнення високих експлуатаційних показників тепловозних дизелів поряд з поліпшенням процесів в агрегатах наддуву, паливоподачі, сумішоутворення та

згоряння, теплопередачі актуальними є розробки з вдосконалення процесів газообміну, які в значній мірі залежать від характеристик функціонування кулачкового механізму газорозподілу.

Запропоновано новий підхід до профілювання газорозподільних кулачків форсованих тепловозних дизелів, який орієнтований на досягнення найбільших значень «час-перерізу» клапанів при виконанні заданих умов і обмежень на

проектування. Представлені базові криві прискорень штовхача кулачкових механізмів газорозподілу середньообертових тепловозних дизелів Д80 та Д49, які враховують не тільки задані за вимогами робочого процесу умови, а і встановлені обмеження на

виготовлення та характеристики функціонування їх механізмів привода клапанів. Наведено результати порівняльного аналізу кулачків механізмів привода впускних та випускних клапанів чотиритактних тепловозних дизелів типу Д80 та Д49.

УДК 629.424.3:621.436

К.В. Астахова
K.V. Astakhova

ОЦІНКА КОНТАКТНОЇ МІЦНОСТІ ГАЗОРОЗПОДІЛЬНИХ КУЛАЧКІВ З НОВИМИ БЕЗУДАРНИМИ ПРОФІЛЯМИ

LOCAL STRENGTH ESTIMATION OF GAS DISTRIBUTION CAMS WITH NEW UNSTRESSED PROFILES

Доведено, що оцінювання механічної напруженості основних елементів конструкції кулачкових механізмів сучасних енергетичних установок тепловозів доцільно проводити на основі дійсних закономірностей руху клапанів. Виконано оцінку контактної міцності конструкції секції розподільних валів енергетичних установок тепловозів з дизелями Д49 з серійними та запропонованими газорозподільними кулачками. Розраховано величину безвідмовної роботи елементів конструкції розподільних валів енергетичних установок

тепловозів за критерієм опору контактній втомленості, яка визначається як імовірність того, що максимальні контактні напруження в парі «кулачок-ролик» не перевищують границі короткочасної контактної витривалості. Підтверджено, що застосування нових газорозподільних кулачків з безударними профілями є важливим фактором забезпечення міцності, підвищення надійності та зменшення зносів робочих поверхонь контактуючих деталей розподільних валів, що має позитивний вплив на їх експлуатацію і ремонт.

УДК 629.424.1:621.436.004.15

В.С. Тищенко, О.В. Бурлуцький
V.S. Tishchenko, A.V. Burlutskyi

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ФОРМУВАННЯ НАВАНТАЖЕНЬ У ПЕРЕРІЗАХ КОРІННИХ ШИЙОК КОЛІНЧАТИХ ВАЛІВ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК ТЕПЛОВОЗІВ

STUDY OF THE PECULIARITIES OF FORMING LOADS IN SECTIONS OF RADICAL NECKS CRANKSHAFT DIESEL POWER PLANTS

У доповіді розглянуті особливості конструкції підсистеми колінчатого вала енергетичної установки з дизелем типу 2А-

5Д49 та їх вплив на формування навантажень у перерізах корінних шийок різних циліндрових модулів. Наведені

результати розрахункових досліджень розподілення навантаження в перерізах корінних шийок за цикл роботи у вигляді годографів, узагальнена координата яких прив'язана до ВМТ першого правого циліндра. Розроблені рекомендації щодо

застосування отриманих результатів при створенні і дослідженні скінчено-елементної моделі колінчатого вала, що має важливе значення при оцінці надійності та довговічності деталей енергетичної установки тепловозів.

УДК 629.3.03

О.С. Шуліка
A.S. Shulika

**ВПЛИВ СИЛОВИХ ПОЛІВ НА ШВИДКІСТЬ ЗНОШУВАННЯ
ПАР ТЕРТЯ В РЕЖИМІ ГРАНИЧНОГО ЗМАЩЕННЯ**

**THE INFLUENCE OF THE FORCE FIELDS ON THE RATE OF
WEAR OF FRICTION PAIRS DURING HEAVY LUBRICATING**

Швидкість зношування деталей машин, що працюють у режимі граничного змащення (плунжерні пари, поршень – гільза циліндра, зубчаті колеса закритих редукторів), визначається навантаженням, температурою в контакті та властивостями змащувальної рідини. Однією з найважливіших характеристик змащувальної рідини є її здатність забезпечувати захисну адсорбційну плівку, що запобігає безпосередньому контакту металевих поверхонь тертя. Швидкість зношування пар тертя значною мірою залежить від товщини адсорбційної плівки. Адсорбційний шар формується з молекул присадок, які складаються з полярної (активної) частини та метильного радикала. На поверхні тертя молекули присадки адсорбуються за рахунок взаємодії власного електричного дипольного моменту та силового поля металевої поверхні. Але в об'ємі змащувальної рідини молекули присадок взаємодіють між собою, утворюючи міцелярні структури. Особливістю таких структур є те, що активні, полярні частки молекул присадок містяться в «ядрі» міцели, що перешкоджає

формуванню адсорбційного шару на поверхні тертя. Очевидно, що для підвищення змащувальної здатності рідини необхідно руйнувати міцели, тим самим підвищуючи кількість активних молекул присадок. Одним із шляхів вирішення даної проблеми є обробка змащувальної рідини зовнішніми силовими полями (магнітними, ультразвуковими, електричними). Одним з найперспективніших засобів підвищення адсорбційної здатності змащувальної рідини є її обробка електростатичним полем. Попередні дослідження показали, що електрообробка порівняно з оливою в стані постачання знижує швидкість зношування на 15-75% (пара тертя колодка-ролик). Під дією електростатичного поля руйнуються асоціати молекул присадок на окремі активні мономери та димери молекул поверхнево-активних речовин, які взаємодіють з поверхнями тертя та утворюють адсорбційний шар. Слід зазначити, що наявність часток зношування в об'ємі рідини збільшує ефект від електрообробки.

УДК 629.423.33

А.В. Павшенко, Н.П. Карпенко
A.V. Pavshenko, N.P. Karpenko

**ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ПЕРЕТВОРЕННЯ КООРДИНАТ
ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМІВ СТРУМОЗНІМАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ**

**FEATURES OF APPLICATION OF METHOD OF TRANSFORMATION
OF COORDINATES FOR RESEARCH OF MECHANISMS OF CURRENTREMOVAL
OF DEVICES**

Обґрунтована необхідність уточнення методів дослідження кінематичних параметрів механічних систем струмознімальних пристроїв. Описано новий підхід, який базується на методі перетворення координат, до дослідження кінематики ланок струмознімальних пристроїв, механічна система якого

розглянута просторовою. Проведено порівняння результатів розрахунків, виконаних за традиційними та уточненим методами. Зазначено вплив уточнених кінематичних параметрів на контроль величини контактних натискань та математичне моделювання його динаміки.

УДК 621.9.047.7/785.5

Н.А. Аксьонова, О.В. Оробінський
N.A. Aksenova, A.V. Orobinsky

**ВЛАСТИВОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ В ТРАНСПОРТНІЙ
ГАЛУЗІ НАДПРУЖНИХ ТА НАДТВЕРДИХ ВУГЛЕЦЕВИХ НАНОМАТЕРІАЛІВ**

**PROPERTIES AND PROSPECTS OF APPLICATION IN A TRANSPORT AREA
OF SUPERELASTIC AND SUPERSOLID CARBON MATERIALS**

В умовах експлуатації навантажених вузлів механізмів, що використовуються в різних галузях машинобудування та на транспорті, виникає багато проблем, які призводять до необхідності розробки та використання новітніх матеріалів. Одними із найсучасніших є наноматеріали на основі фулеренів та їх сполучень.

Під час розробки зносостійких матеріалів з використанням наноструктурних покриттів треба забезпечити не тільки високу твердість (H), а і відносно низький модуль пружності (E), оскільки матеріали з низьким модулем пружності характеризуються високим резильянсом, тобто можливістю запасати пружну енергію і під дією навантаження

деформуватися без руйнування. Залежно від необхідності дотримання компромісу між твердістю та модулем пружності, як показник зносостійкості і трибологічних характеристик використовуються різні варіанти відношення твердості до модуля пружності $(\frac{H}{E}, \frac{H^2}{E}, \frac{H^3}{E^2})$. На основі теоретичних розрахунків та експериментальних даних матеріали, що характеризуються відношенням $\frac{H}{E}=0,15$, були оцінені, як такі, що мають «ідеальну пружність». Прикладом можливості створення твердих і пружних матеріалів на основі вуглецю з унікальним поєднанням високої твердості (до 40 ГПа) та високої

пружності (ступінь пружного відновлення до 90%), можуть бути об'ємні фази високого тиску, отримані із фулеренів C_{60} , C_{70} та суміші C_{60} і C_{70} .

Результати багатьох досліджень показали, що розроблені таким чином металічні композиційні матеріали, армовані надпружними та твердими вуглецевими

частками, що отримані із фулеренів під тиском, мають високий коефіцієнт пружного відновлення при інденуванні, низький модуль пружності та високу тріщиностійкість. Таким чином, такі новітні матеріали є перспективними для використання при виготовленні деталей, що працюють в умовах тертя та зносу.

УДК 621.43-233.2

О.В. Оробінський, Н.А. Аксьонова
A.V. Orobinsky, N.A. Aksenova

ВИПРОБУВАННЯ НА ВТОМЛЕНІСТЬ ВТУЛКИ ГОЛЧАТОГО ПІДШИПНИКА ПОРШНЕВОЇ ГОЛОВКИ ШАТУНА

TIREDNESS TEST OF EXTERNAL BEARING OF PISTON CROSSHEAD

В поршневій головці шатуна транспортного дизеля 6ДН 12\2x12 встановлюється нестандартний голчатий підшипник з рухомою втулкою (зовнішнє кільце). Втулка з внутрішнім діаметром 45 мм і товщиною 3 мм, виготовляється зі сталі ШХ15 і термообробляється на твердість HRC 58-62. Для підводу змащення до голчатих роликів у втулці існують 4 отвори діаметром 5 мм. При серійній технології округлення гострих країв отворів на зовнішній та внутрішній поверхнях втулки виконується вручну.

Для підвищення продуктивності і зниження вартості цієї операції було запропоновано округлення країв виконувати електрохімічним методом.

Для порівняння витривалості міцності втулок, виготовлених за двома технологіями, була розроблена методика прискорених порівняльних випробувань. Враховуючи, що кінцевою ціллю була оцінка технологій обробки країв отворів, то головною вимогою до обраної схеми навантаження стало отримання тріщини втомленості від краю отвору найбільш простим способом. Параметри циклічного навантаження ($P_{max}=4,5$ кН, $P_{min}=0$) було підібрано з умови руйнування серійної втулки за $10^6 \dots 3 \cdot 10^6$ циклів. Контроль за появою тріщини здійснювався кожні 15 хв при частоті навантаження 750 циклів на хвилину.

Отримані результати дозволили пропонувати до впровадження втулку з обробкою отворів електрохімічним методом.

УДК 621.438.9

О.В. Надтока
E.V. Nadтока

ТУРБОКОМПАУНДУВАННЯ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

TURBO COMPOUNDING INTERNAL COMBUSTION ENGINE

Підвищення економічності, надійності та довговічності залишається основною

тенденцією в розвитку двигунобудування. Для сучасного двигунобудування

немаловажною є проблема екологічної чистоти, включаючи термічну чистоту. Одним зі шляхів вирішення цих проблем може бути турбокомпаундування двигунів, тобто застосування в схемі силової установки двигуна силової турбіни.

Взагалі, турбокомпаундування вже використовується серійно на двигунах вантажних автомобілів. Компанія Scania використовує компаундування з середини 1990-х років. На шведському дизелі DTC 1101 реалізована схема з послідовною силовою турбіною. На двигуні Volvo D12D-500 Turbosomround силова турбіна входить до складу турбокомпресора як додаткова секція, забезпечуючи менші габарити і вагу. Ще один різновид силової турбіни – це Turbo-generator Integrated Gas Energy Recovery System (TIGERS), турбіна працює від вихлопних газів і приводить у дію генератор електроенергії.

Для дизельних двигунів автотракторного типу доцільна схема

послідовного встановлення силової турбіни за турбіною вільного турбокомпресора. У цьому випадку силова газова турбіна з'єднується з колінчастим валом двигуна, і створення потужності відбувається не тільки в циліндрах двигуна, але й у силівній турбіні. При такій схемі встановлення у випадку зменшення витрат газу при часткових навантаженнях підвищений перепад тиску спрацьовується на турбіні вільного турбокомпресора, сприяючи його швидкому розгону, обмеженню циклової подачі палива, зменшенню питомої ефективної витрати палива і підвищенню екологічної чистоти.

У доповіді розглянуті результати досліджень застосування силової турбіни на дизельних двигунах автотракторного типу 6ЧН12/14 і 8ЧВН15/16, що показали підвищення паливної економічності, зменшення теплової та механічної напруженості деталей циліндро-поршневої групи.

УДК 621.391.7.001

О.Б. Бабанін, Д.М. Пастух
O.B. Babanin, D.M. Pastukh

ОЦІНКА РЕЖИМІВ РОБОТИ ПРОМИСЛОВИХ ТЕПЛОВОЗІВ ЗА ДОПОМОГОЮ МІКРОПРОЦЕСОРНОГО РЕЄСТРАТОРА

ASSESSMENT MODES OF INDUSTRIAL LOCOMOTIVES MICROPROCESSOR BY REGISTRAR

Для визначення характерних режимів роботи промислових тепловозів запропонований бортовий реєстратор параметрів роботи цих локомотивів. Створена структурна схема мікропроцесорного реєстратора, що дозволяє в реальному часі провадити вимірювання, накопичення й видачу

зовнішнім користувачам відповідної інформації з експлуатаційних режимів роботи промислових тепловозів. На основі зібраних статистичних даних виконаний аналіз характерних режимів і ступеня завантаження під час виконання маневрової роботи промисловими тепловозами.

УДК 629.4.027.11

О.Б. Бабанін, В.І. Бульба
O.B. Babanin, V.I. Bulba

**ВИЗНАЧЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЗНОСУ
КОЛІСНИХ ПАР ЕЛЕКТРОПОЇЗДІВ**

PREDICTION OF CONFORMITY AND WEAR WHEELSETS ELECTROTRAIN

У процесі експлуатації електропоїздів виникає знос робочих поверхонь колісних пар, а обрис їх бандажу набуває складної форми, яка дуже відрізняється від початкової. Виходячи з цього показники динаміки екіпажа одного типу, що мають різні експлуатаційні зноси коліс, теж виявляються різними. На підставі цього

дуже важко передбачити їх наступну обточку при виконанні поточних ремонтів. Виходячи з цього розроблена методика, яка дозволяє визначити закономірність зносу бандажа конкретної колісної пари та на цій підставі спрогнозувати час її працездатності до відповідної обточки під час виконання планового виду ремонту.

УДК 621.313.075.32

О.Б. Бабанін, А.О. Гельдаш
O.B. Babanin, A.O. Heldash

**МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТЯГОВИХ ДВИГУНІВ ЛОКОМОТИВІВ
ДЛЯ ПОДАЛЬШОГО ВИЗНАЧЕННЯ ЇХ РЕСУРСУ**

**MODELING ELEMENTS TRACTION ENGINES ENGINES FOR FURTHER
DEFINITION OF THEIR LIFE**

У процесі експлуатації під впливом зовнішніх і внутрішніх факторів швидкість зносу й старіння елементів електричних машин змінюються. Внаслідок цього змінюються характеристики їх надійності й довговічності. Проведені дослідження надійності тягових електродвигунів, показали, що на відміну від двополюсних запропоновані структурно-функціональні моделі більш повно враховують практично

весь діапазон вимог, які висуваються до таких систем. На підставі цього запропонована методика побудови структурно-функціональної моделі, яка при порівнянні з існуючими є адекватною, тому що вона враховує не тільки властивості конструкції, але й імовірнісні характеристики, що дають змогу у подальшому більш якісно оцінювати ресурс тягових електродвигунів локомотивів.

УДК 532.526:517.958

Ю.М. Грищенко
Y.M. Grishchenko

ТЕХНОЛОГІЯ ВІДЦЕНТРОВОЇ РЕГЕНЕРАЦІЇ СИНТЕТИЧНИХ ФІЛЬТРІВ ТЕПЛОВОЗІВ

TECHNOLOGY OF SYNTHETIC FILTER REGENERATION CENTRIFUGAL LOCOMOTIVES

На цей час пластмаси через їх високу технологічність і мінімальну енергоємність у багатьох випадках витісняють застарілі види матеріалів, які застосовуються в локомотивному господарстві. Ця обставина змушує переглядати певні можливості їхніх експлуатаційних якостей, а відповідно й застосування нових технологій обслуговування. Такий підхід повною мірою можна застосувати до синтетичних пропіленово-волокнистих фільтрів, які почали широко застосовуватися в різних системах локомотивів. Були проведені додаткові дослідження, які дозволили розробити очисну технологію відцентрової

регенерації синтетичних фільтрів. Основна ідея регенерації (очищення) синтетичних фільтрів полягає в такому. Виготовляється додаткове спеціальне обладнання, до якого під тиском підводиться миючий розчин. Синтетичний фільтр, який необхідно очистити, вставляється в це обладнання, закривається спеціальним кожухом і за допомогою електродвигуна починає обертатися. При обертанні всередину фільтра під тиском подається миючий розчин. У результаті цього через дію відцентрових сил, що виникають, миючий розчин вимиває всі його фільтруючі канали.

УДК 629.424.1:629.7.01

О.С. Коваленко
O.S. Kovalenko

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИПРОБУВАНЬ СИЛОВОГО ОБЛАДНАННЯ ТЯГОВОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

IMPROVEMENT TECHNOLOGY TESTING POWER EQUIPMENT TRACTION ROLLING STOCK

Проведеними дослідженнями встановлено, що існуюча система проведення випробувань силових вузлів тягового рухомого складу має значні недоліки, які полягають у тому, що кожен вузол випробовується окремо тільки на своєму стенді, не враховуючи його зв'язки та характеристики інших силових вузлів та систем локомотива. Ця обставина викликає витрати часу на додаткові випробування вже встановленого на локомотиві обладнання та їх доводку. Виходячи з цього

на кафедрі ЕРРС УкрДАЗТ запропоновано та розроблено метод, який дозволяє проводити комплексні випробування всього силового обладнання на спеціальному груповому стенді. Це дозволяє стикувати характеристики та здійснювати моделювання режимів роботи у широкому діапазоні, який найбільш наближений до експлуатаційних умов. Формалізована оцінка безвідмовності силового обладнання при випробуваннях на основі самонавчання та розроблена методика вибору варіантів

схемних рішень стендів на основі аналізу динамічних характеристик силового обладнання. Визначена ефективність застосування групового випробування

силового обладнання, що дозволяє оцінювати якість виконання ремонтних робіт за техніко-економічними показниками.

УДК 629.42.001.76

Е.Д. Тартаковський, С.О. Міхеєв
E.D. Tartakovskiy, S.O. Miheev

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ТРИВАЛОСТІ ПЕРЕХІДНОГО ПЕРІОДУ ПРИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ТЯГОВОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

BY DETERMINING THE OPTIMAL DURATION TRANSITIONAL WHEN UPGRADING TRACTION ROLLING STOCK

Результати дослідження впливу тривалості перехідного періоду до дотримання оптимальних термінів служби на розмір поточних витрат у сфері використання і капітальних вкладень при експлуатації, ремонті і модернізації ТРС показали різноспрямованість цього впливу на обидва показники. Дана обставина обумовлює необхідність установа

оптимальної тривалості перехідного періоду для ТРС кожного призначення з урахуванням обмеженості ресурсів та забезпечення найбільш ефективного їх використання.

Для визначення оптимальної тривалості перехідного періоду слід максимізувати функціонал

$$\mathcal{E}_{\Sigma} = \sum_{j=1}^n \mathcal{E}_j = f_1 K_1 + f_2 K_2 + f_3 K_3 + \dots + f_n K_n \Rightarrow \max,$$

де \mathcal{E}_{Σ} – сумарна за розрахунковий період економія поточних витрат від скорочення термінів служби всього ТРС, який використовується в експлуатації, грн; \mathcal{E}_j – економія поточних витрат за розрахунковий період від продовження терміну служби ТРС j -го призначення; n – число функціональних призначень ТРС, що використовуються в експлуатації, р.; $K_1, K_2, K_3, \dots, K_n$ – прямі і сполучені капітальні вкладення за розрахунковий період на розширення й оновлення парку ТРС j -го виду, р.

При цьому на капітальні вкладення накладаються такі обмеження:

$$\sum_{j=1}^n K_j \leq K_{\Sigma}; K_j \geq K_{jm}.$$
 Тут K_{Σ} – сумарні

капітальні вкладення, які можуть бути виділені за розрахунковий період на модернізацію ТРС всіх призначень; K_{jm} – мінімально необхідні капітальні вкладення за розрахунковий період на ремонт ТРС j -го призначення, для підтримки поновлення їх парку на рівні базового року, грн. Для розв'язання наведеного вище функціонала необхідно використовувати математичний апарат динамічного програмування.

УДК 681.513

*Д.А. Іванченко, А.Ф. Агулов,
Ю.В. Білецький, О.В. Камчатний
D.A. Ivanchenko, A.F. Agulov,
Y.V. Biletskiy, O.V. Kamchatniy*

**МЕТОД ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ ТЕПЛОВОЗА
THE METHOD FOR STUDYING THE DYNAMICS OF DIESEL
LOCOMOTIVE ENERGY**

Залізничний транспорт є потужною ланкою державної економіки, від ефективності якого залежить рівень розвитку народного господарства в цілому. Тому постійне підвищення техніко-економічних показників галузі є важливою й актуальною проблемою.

На сьогоднішній день тепловозний парк, який представляє вагому частину в забезпеченні перевезень, має високий ступінь як морального, так і фізичного зношення. Закупівля нового рухомого складу вимагає значного фінансування, тому альтернативним і економічно доцільним варіантом є модернізація існуючого парку за умови підвищення техніко-економічних показників.

Під час проведення модернізації тепловозів виникає необхідність визначення значень параметрів, що характеризують динаміку енергетичної системи тепловоза (ЕСТ). Неточне узгодження динамічних характеристик дизеля, передачі потужності, тягових електродвигунів і системи

управління, що складають ЕСТ, призводить до збільшення часу перехідних процесів, непродуктивної витрати палива, погіршення екологічних показників використання силової установки, зниження тягових якостей тепловоза в цілому.

Останнім часом широко впроваджується система управління на базі мікропроцесорної техніки, яка дозволяє враховувати додаткові фактори впливу на об'єкт регулювання і компенсувати їх завдяки закладеним у них функціям. Налаштування таких систем вимагає більш точних підходів у визначенні динаміки об'єкта регулювання – силової установки тепловоза.

Розрахунок, автоматизований за допомогою пакета Excel та Mathcad, проводився за відомими формулами залежності основних параметрів енергетичної системи тепловоза для різних позицій КМ та швидкості руху.

Динамічні параметри, отримані запропонованим методом, адекватні даним експериментальних досліджень.

УДК 629.424.14

*А.П. Фалендиш, М.В. Володарець,
І.В. Золотухін, Д.А. Шелест
A.P. Falendish, M.V. Volodarets,
I.V. Zolotuhin, D.A. Shelest*

**ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ МАНЕВРОВИХ ТЕПЛОВОЗІВ
INCREASE ENERGY EFFICIENCY OF SHUNTING DIESEL LOCOMOTIVES**

Ефективне використання паливно-енергетичних ресурсів на залізничному транспорті можливе за рахунок збільшення

коефіцієнта корисної дії енергетичної системи та зменшення енергетичних витрат.

На залізницях України широко застосовуються маневрові тепловози, причому витрати палива на маневрові роботи становлять майже половину від загальної суми витрат дизельного палива локомотивами. Отже, підвищення енергоефективності маневрових тепловозів є вкрай важливим.

З аналізу розшифрувань БІСЕР випливає, що фактична витрата палива маневровими тепловозами звичайно перевищує витрату, зазначену у техпаспорті локомотива. Це викликано насамперед такими факторами: тривалим простоем локомотива, частою зміною позицій контролера машиніста, роботою на низьких позиціях тощо.

Режим роботи маневрових тепловозів характеризується різко змінним режимом роботи, при цьому 50 – 60 % часу він працює на холостому ході; 45 – 70 % – на низьких навантаженнях і лише 2 – 5 % часу – на номінальних навантаженнях.

Виявлено, що доволі ефективною є заміна існуючої дизель-генераторної установки маневрового тепловоза на дизель-генераторну установку малої потужності з накопичувачем енергії. Як можливі накопичувачі енергії можуть бути використані акумуляторні батареї, конденсатори високої ємності, гіроскопічні апарати.

Існують локомотиви, що експлуатуються закордоном, на яких застосовується подібна гібридна система. Це тепловози ТА 436.05 (718), GG10K GreenKid, GG20B GreenGoat. Було розраховано коефіцієнти технічного рівня для розглянутих маневрових локомотивів по відношенню до маневрового тепловоза ЧМЭЗ, які склали відповідно: $K_{ТА436.05(718)}=0,68$, $K_{GG10KGreenKid}=1,02$, $K_{GG20BGreenGoat}=1,32$.

З вищесказаного випливає, що створення гібридного локомотива на базі маневрового тепловоза ЧМЭЗ є доцільним рішенням, яке потребує негайної реалізації.

УДК 629.424.1

*А.П. Фалендиш, Н.Д. Чигирик, А.Л. Сумцов,
Е.В. Бондаренко, М.І. Брагін, В.С. Джус
A.P. Falendish, N.D. Chigirik, A.L. Sumtsov,
E.V. Bondarenko, M.I. Bragin, V.S. Dzus*

ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ЗМАЩЕННЯ НА ТЯГОВОМУ РУХОМОМУ СКЛАДІ

FUTURE IMPLEMENTATION CENTRAL LUBRICATION SYSTEMS ON TRACTION ROLLING STOCK

Одним з напрямів зменшення витрат на технічну експлуатацію тягового рухомого складу (ТРС) є застосування автоматичних централізованих систем змащення (АУЗС). Вони використовуються в різноманітних системах, де є потреба у зменшенні тертя, від верстатів до різних видів транспорту. У транспортній сфері найбільше поширення ці системи знайшли на важкій кар'єрній техніці та вантажних

автомобілях, де виявилася висока ефективність застосування цих систем.

З огляду на досвід експлуатації АЦСЗ на автомобільному транспорті 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 та поточного ремонту

завдяки зменшенню операцій, пов'язаних з ручним змащенням. Воно неминуче носить дискретний характер через об'єктивні причини та має неоптимальну витрату матеріалів.

Від теплових впливів на мастильні матеріали всередині підшипника мастило твердне і відкладається у внутрішні порожнини підшипника, що погіршує умови його роботи. Для збереження підшипника його необхідно періодично 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 за рахунок

постійного оновлення всього об'єму мастила у вузлі. При цьому малість порцій і можливість подавання 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 в найнесприятливіших умовах: у шахтах, кар'єрах, в пустелях.

Досвід використання централізованих систем змащення на паровозах та АЦСЗ на автотранспорті свідчить про великі перспективи запровадження комплексних систем змащення на локомотивах.

УДК 629.423.1

С.Г. Жалкін
S.G. Zhalkin

ЕКОНОМІЧНИЙ ЗАСІБ ПРОГРІВАННЯ ТЕПЛОВИЗНИХ СИСТЕМ

ECONOMIC MEAN OF WARMING UP OF TEPLOVOZNIKH OF SYSTEMS

Холодильні пристрої тепловозів забезпечують охолодження води та оливи дизеля, а також захист від перегрівання, але не захищають системи дизелів від переохолодження.

У теперішній час відомі основні чотири системи, що підтримують потрібний тепловозний режим дизелів тепловозів, які знаходяться у довготривалому простої: робота на холостому ходу (самопрогрівання); використання електроенергії від стороннього джерела або від працюючого дизель-генератора; казани-підігрівачі, які працюють на дизельному паливі (бортове прогрівання); використання теплової енергії деповських котелень або централізованого теплопостачання від міських теплових мереж (стаціонарний прогрів). Виконані розрахунки показали,

що найбільш економічним є використання порівняно недорогої теплової енергії деповських котелень. На промисловому транспорті доцільне використання вторинної теплової енергії металургійного виробництва, при виготовленні клінкеру у печах, які обертаються, та ін.

Недоліком установок прогрівання систем тепловозів, які розроблені в останні роки, є те, що вони мають централізований засіб підігрівання води з розташуванням загальних для всіх тепловозів теплообмінників у тепловому пункті, що призведе до змішування води охолодження дизелів різного ступеня забруднення тепловозів різних серій та дизель-поїздів.

У залежності від конструкції дизеля тепловоза і дизель-поїзда (з остовами із алюмінієвих сплавів або сталевих) та матеріалів систем охолодження

застосовується охолоджувальна вода з різними антикорозійними присадками. В експлуатації спостерігається відхилення основних показників якості від заданих нормами значень. Тому змішування охолоджувальної води різних дизелів при одночасному прогріванні заборонено. Крім того, застосування централізованих установок прогрівання викликає значні капітальні вкладення та експлуатаційні витрати.

Витрати значно скорочуються при прогріванні тепловозних систем із застосуванням індивідуальних теплоізоляованих технологічних колонок з малогабаритним серійним обладнанням (безфундаментними моноблоковими

насосами та пластинчастими теплообмінниками). Технологічні колонки розташовують на підвищених опорах (що не заважає персоналу) з установленням теплоізоляованого стояка до кожної колонки та гнучких рукавів з швидко-рознімними з'єднаннями – пароконденсаторпроводами у теплоізоляованих траншеях.

Застосування такої установки забезпечує одночасне прогрівання тепловозів та дизель-поїздів з різними дизелями, які мають охолоджувальну воду різних властивостей та якості без змішування у загальному бойлері, без будівництва теплопунктів. Термін окупності не перевищує двох років.

УДК 629.4.016

Ю.Є. Калабухін, О.В. Рудковський
Y.E. Kalabuhin, O.V. Rudkovskiy

**ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ
МАНЕВРОВИХ ТЕПЛОВОЗІВ ЗА УМОВИ ЗМІННИХ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ
ФАКТОРІВ ТА З УРАХУВАННЯМ ОСОБЛИВОСТЕЙ РОБОТИ, ЩО
ВИКОНУЄТЬСЯ ПРОТЯГОМ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ**

**DEFINITION OF TECHNICAL AND ECONOMIC INDICATORS FOR
THE SHUNTING LOCOMOTIVES WITH VARIABLE OPERATING FACTORS
AND FEATURES OF THE ROBOTS PERFORMED DURING THE LIFE CYCLE**

Експлуатація маневрових тепловозів характеризується широким діапазоном потужності за величиною та тривалістю за часом, яка реалізується в залежності від роботи, а саме: виконання сортувальної роботи на гірці, виконання маневрової роботи на станції у пасажирському русі, виконання маневрової роботи на станції у вантажному русі, виконання вивізної роботи. Ці фактори обумовлюють відповідні техніко-економічні показники функціонування та ефективність

використання маневрових тепловозів в експлуатації. Крім того, для утримання маневрових тепловозів у технічно справному стані протягом життєвого циклу передбачено проведення капітальних та поточних видів ремонту, сервісного й технічного обслуговувань. За цих умов вартість життєвого циклу маневрового тепловоза, як основна складова техніко-економічних показників функціонування та ефективності використання, визначається за формулою

$$LCC_T = \left\{ \begin{aligned} & (C_t^{TPC} + B_t^{mp.}) \cdot \alpha_t + \sum_{t_n}^{t_n+T} (K_{од,t}^{syn} \cdot \alpha_t) + \sum_{t_n}^{t_n} ((C_t^{KP} + B_t^{mp.}) \cdot \alpha_t) + \\ & + \sum_{t_n}^{t_n} (S_t^M \cdot \alpha_t) + \sum_{t_n}^{t_n} ((C_t^M + B_t^{mp.}) \cdot \alpha_t) + \\ & + \sum_{t_n}^{t_n} ((I_t^{np.6} + I_{од,t}^{36} + I_{од,t}^a) \cdot \alpha_t) - L_t \cdot \alpha_t \end{aligned} \right\},$$

де C_t^{TPC} – ціна придбання маневрового тепловоза, грн; $B_t^{mp.}$ – витрати на транспортування маневрового тепловоза від місця придбання або проведення капітального ремонту чи модернізації до місця експлуатації, грн; $K_{од,t}^{syn}$ – супутні капітальні витрати, які необхідно здійснювати для впровадження маневрового тепловоза в експлуатацію, грн; C_t^{KP} – ціна капітального ремонту маневрового тепловоза, грн; C_t^M – ціна модернізації маневрового тепловоза, у випадку її виконання сторонніми підприємствами, грн; S_t^M – собівартість

модернізації маневрового тепловоза, у випадку її виконання власними силами локомотивного депо, грн; $I_t^{np.6}$ – прямі виробничі витрати в розрахунку на одиницю маневрового тепловоза, грн; $I_{од,t}^{36}, I_{од,t}^a$ – відповідно загальновиробничі та адміністративні витрати в розрахунку на одиницю маневрового тепловоза, грн; L_t – ліквідаційне сальдо у рік утилізації маневрового тепловоза, грн, t_n – початковий рік життєвого циклу, T – тривалість життєвого циклу; t_n^II, t_n^I – відповідно початковий та кінцевий рік етапу експлуатації маневрового тепловоза; α_t – коефіцієнт дисконтування.

УДК 629.423.1

О.Д. Жалкін
O.D. Zhalkin

СТАБІЛІЗАЦІЯ ТЕПЛООВОГО БАЛАНСУ ТЕПЛОВИЗНИХ СИСТЕМ

STABILIZATION OF THE HEAT BALANCE DIESEL ENGINES

Існуючі системи тепловозів забезпечують охолодження води та оливи дизеля, а також захист від перегріву, але не захищають дизель від переохолодження. Підігрів тепловозних систем, як правило, виконується роботою дизелів на холостому ході або невеликих позиціях контролера машиніста – так званий самопрогрів, що призводить до марної витрати палива та

оливи, забруднення території відстою тепловозів шкідливими викидами, витрати моторесурсу дизеля та допоміжних агрегатів.

Розроблено багато різноманітних систем (установок), що підтримують потрібний тепловий режим дизелів тепловозів різними способами, але через недосконалу конструкцію камери

охолодження, наявність отворів вентиляції електричних машин значна частина тепла виходить у повітря. Підвищити ефективність прогріву систем тепловозів можливо за рахунок збереження отриманого тепла удосконаленням холодильної камери.

Ефект досягається тим, що в камері холодильника між секціями радіаторів та бокових жалюзі вмонтовано пристрій у вигляді гнучкої, наприклад гумової штори, або у вигляді ролети з ручним або механічним приводом, яка перекриває витік теплого повітря з дизельного приміщення та підсмоктування холодного повітря скрізь нещільності бокових жалюзі та заохлення. Кришки та жалюзі на вертикальній стінці холодильної камери зачиняються при роботі дизеля в штатному (поїзному) режимі, а гнучка штора змотується на вали, які розташовано біля колекторів.

Ефективність значно підвищується, якщо одночасно застосовувати рециркуляцію теплого повітря від

елементів з найбільшою теплоємністю (остов дизеля, картер дизеля з гарячою оливою та інше) до елементів з найменшою теплоємністю (секції радіаторів, трубопроводи). При відчинених оглядових люках вентилятор буде обдувати секції радіаторів теплим повітрям з дизельного приміщення, а не просмоктувати його, як це було раніше. Вмонтована гнучка штора перекриє відтік теплого повітря скрізь нещільності жалюзі заохлення. Понижуючий трансформатор та пристрій для зміни напрямку обертання моторвентилятора розташовано ззовні тепловоза, а живлення електромотора виконується окремою розеткою. На тепловозах з приводами вентиляторів у вигляді гідромоторів ззовні підводиться стиснута олива. Застосування удосконаленої системи прогріву тепловозних дизелів зменшує на 10 – 15 % кількість запусків дизелів або включень зовнішніх підігрівачів.

УДК 629.424.1: 529.4.016.2

О.Д. Трихліб
A.D. Trihleb

УДОСКОНАЛЮВАННЯ КОНТРОЛЮ – ГАРАНТІЯ ПІДВИЩЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ

IMPROVED CONTROL – GUARANTEED INCREASE OF FUEL ECONOMY

У цей час на залізничному транспорті широко застосовуються ємнісні датчики рівня палива, конструктивно реалізовані у вигляді коаксіальних труб, розташованих вертикально по всій висоті паливного бака тепловоза. Накопичено достатній досвід у використанні паливомірів на основі ємнісних датчиків рівня палива, транспортних вимірювальних схем і схем сполучення із зовнішніми пристроями, а також алгоритмів обробки інформації мікропроцесорними контролерами або

бортовими ЕОМ транспортних засобів, пристроїв відображення й сигналізації.

Однак при тривалому використанні ємнісного датчика даної конструкції можуть мати місце нагромадження погрішності вимірів і навіть, у деяких випадках, відмова в роботі датчика. Аналіз результатів проведених численних досліджень дозволяє встановити фізичні й конструктивні фактори, що впливають на чутливість, погрішність і перешкодозахищеність ємнісних датчиків і спрогнозувати шляхи поліпшення їхніх

вихідних характеристик, забезпечення аналізу якості моторного палива при одночасному вимірі діелектричної проникності й щільності палива.

Вбачається можливим спростити конструктивне рішення ємнісного датчика, знизивши витрати на його виготовлення й розширивши потенційний спектр його застосувань, запропоновано конструкцію поверхневого датчика, у якому електроди конденсатора перебувають усередині діелектрика, а рідина, рівень якої змінюється, – зовні.

Дослідження показали, що зі зменшенням товщини ізоляційного шару чутливість датчика до палива збільшується, при цьому відстань між пластинами

еквівалентного плоского конденсатора зменшується. Абсолютна чутливість датчика до палива мало залежить від товщини діелектрика, при цьому зі збільшенням товщини діелектрика підвищується власна ємність датчика.

Установлено, що для підвищення чутливості поверхневого ємнісного датчика рівня палива необхідно використовувати методи збільшення дипольного моменту напруженості електромагнітного поля. Це досягається шляхом збільшення відстані між електродами датчика й збільшенням напруги змінного струму між електродами. При цьому зниження частоти змінної напруги приводить до зростання лінійності вихідної характеристики датчика.

УДК 629.4.016

Ю.Є. Калабухін, Д.О. Горбунова
Y.E. Kalabuhin, D.A. Gorbunova

**РЕЗЕРВИ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ВИКОРИСТАННЯ
МАНЕВРОВИХ ТЕПЛОВОЗІВ ЗА РАХУНОК ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОННОГО
РЕГУЛЯТОРА ЧАСТОТИ ОБЕРТІВ ТА ПОТУЖНОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ
УСТАНОВКИ**

**RESERVES OF THE ENVIRONMENTAL PERFORMANCE OF MANEUVERING
ROVYN LOCOMOTIVES THROUGH THE USE OF ELECTRONIC CONTROL OF THE
FREQUENCY OF ROTATION OF THE POWER PLANT AND POWER**

На теперішньому етапі розвитку економіки України перед залізничним транспортом ставляться задачі з освоєння перевезень та подальшого розвитку тягового рухомого складу. Для вирішення цих задач необхідно проведення значних організаційно-технічних заходів.

Одним з пріоритетних напрямків розвитку залізничного транспорту України є оновлення тягового рухомого складу як за рахунок закупівлі нового, так і за рахунок модернізації того, що існує. Звичайно, цьому передують відповідне техніко-економічне обґрунтування, яке має доповнюватися оцінкою екологічних показників використання засобів

тепловозної та дизельної тяги з урахуванням особливостей її експлуатаційної роботи.

Експлуатація маневрових тепловозів характеризується значною роботою енергетичної установки за часом на режимах холостого ходу, малих навантажень, а також на перехідних режимах з позиції на позицію контролера машиніста. Внаслідок цього робочий процес у циліндрах дизеля характеризується погіршенням умов згоряння палива, що супроводжується значними викидами шкідливих речовин у навколишнє середовище.

Застосування сучасного електронного регулятора частоти обертання та потужності енергетичної установки дозволяє поліпшити експлуатаційні характеристики маневрових тепловозів за рахунок вдосконалення системи регулювання дизеля, що приводить до економії дизельного палива, подовження строку служби локомотива в цілому та окремих вузлів, а також до зменшення димності й токсичності газів, що відпрацювали.

Використання нової технології, настроювання і регулювання дизель-генераторів маневрових тепловозів на основі електронної мікропроцесорної системи, замість морально застарілих штатних регуляторів, позитивно відбивається на якості роботи дизеля, покращується протікання перехідних процесів, про що свідчить поліпшення екологічних характеристик, зокрема зниження викидів оксидів азоту і вуглецю, зниження димності і викидів сажі.

УДК 629.4.083

В.І. Коваленко
V. Kovalenko

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ МАТЕМАТИЧНОЇ СТАТИСТИКИ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ УМОВНИХ КЛІМАТИЧНИХ ЗОН ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЛОКОМОТИВІВ

APPLICATION OF METHODS OF MATHEMATICAL STATISTICS IN DETERMINING CONTINGENT CLIMATIC ZONES OF OPERATION OF LOCOMOTIVES

Один з найбільш вірогідних варіантів підвищення ефективності системи технічного обслуговування та ремонту тягового рухомого складу (ТОР ТРС) вбачається в обґрунтованому на основі математичних методів визначенні експлуатаційних зон для збирання статистичних даних про експлуатаційні показники локомотивів на території України з урахуванням кліматично-географічного фактора для оптимізації ремонтно-експлуатаційної нормативної бази існуючої системи ТОР ТРС.

Для більш точного обліку та визначення впливу зовнішніх факторів на локомотиви, а значить, і на систему ТОР ТРС може бути застосований спосіб, заснований на перевірці суттєвості розбіжностей між двома середніми вибірок, одержаних для різних зон експлуатації локомотивів.

Суть методу полягає в перевірці нуль-гіпотези H_0 з рівнем значимості α , яка полягає в неістотності розрізень між

законами розподілу критерію надійності локомотивів, що розглядається, одержаних за вибірками для різних зон експлуатації, якщо умови експлуатації не чинять суттєвого впливу на надійність локомотивів, а значить, передбачає, що вибірки підпорядковані одній і тій самій випадковій величині R . Критерієм кількісної міри істотності вказаних розрізень є імовірність P того, що випадкова величина R прийме значення не менше ніж дійсна величина r_0 , визначена за досліджуваними вибірками та рівна різниці між середніми кожної вибірки.

Результати перевірки істотності розбіжностей між середніми вибірок показників надійності тепловозів по різних зонах експлуатації України свідчать про суттєві розрізнення умов експлуатації.

Проведений аналіз дає передумови до розробки часткових, багатофакторних математичних моделей функціонування системи ТОР ТРС по кожній експлуатаційній зоні локомотивів, що дасть

зможу зменшити експлуатаційні витрати на підтримання у працездатному стані ТРС за рахунок більш точного та обґрунтованого

визначення обсягів ТО і ПР, а також термінів проведення діагностичних операцій обладнання локомотивів.

УДК 629.424

Д.О. Гордієнко
D.O. Gordienko

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ МАНЕВРОВИХ ТЕПЛОВОЗІВ ЧМЕЗ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ

ANALYSIS OF EFFICIENCY OF WORK OF DIESEL-LOCOMOTIVE SHUNTER CHMEZ ON THE RAILWAYS OF UKRAINE

Аналізуючи питомі витрати дизельного палива, отримані розшифровкою даних системи контролю витрати палива типу БІС-Р тепловозів ЧМЕЗ, депо Харків-Сортувальний (ТЧ-10), можна виявити, що питома витрата палива маневровими тепловозами може досягати від 0,3 до 0,8 кг/кВт·год, при паспортній витраті дизелем К6310DR 0,220 кг/кВт·год дизельного палива при номінальній потужності.

Значний вплив на підвищену витрату дизельного палива маневровими тепловозами мають особливості умов експлуатації тепловозів при виконанні маневрової роботи:

- тривалі простой в проміжках між роботою, що доходять до 60 % бюджету робочого часу локомотива;

- часте перемикання контролера з однієї позиції на іншу, що призводить до частих змін потужності дизеля;

- швидке набирання і скидання позицій контролера машиніста;

- часта зміна напрямку руху.

Крім того, під час простою тепловозів у зимовий період потрібне періодичне

прогрівання дизеля для підтримки температури води в системі охолодження, що збільшує непродуктивну витрату дизельного палива.

Характеристики як дизеля К6310DR, так і інших дизелів не в повній мірі відповідають існуючій специфіці маневрової роботи, про що свідчать залежності зміни питомої витрати палива за тепловозною характеристикою. Оскільки у дизелів питома ефективна витрата палива із зменшенням навантаження і частоти обертання колінчастого вала збільшується, досягаючи найбільших значень на режимах малих навантажень, це негативно відображається на паливній економічності тепловозів, оскільки в умовах реальної експлуатації саме на цих режимах більшу частину від загального часу роботи працюють дизелі маневрових тепловозів. Таким чином, паспортне значення витрати дизелем палива при номінальній потужності не може бути застосоване як основний критерій паливної економічності маневрового тепловоза.

УДК 629.4.02.7.11

Д.М. Коваленко
D. Kovalenko

ОЦІНКА РЕЖИМІВ ВИПРОБУВАНЬ МОТОРНО-ОСЬОВИХ ПІДШИПНИКІВ ТЕПЛОВОЗІВ

ASSESSMENT TEST MODE MOTOR-AXIAL BEARINGS OF LOCOMOTIVES

Характер динамічної дії на МОП є надзвичайно складним і потребує спеціального і самостійного вивчення.

При розрахунку сил, діючих на МОП, вводимо такі допущення:

- приймаємо характер роботи КМБ як квазістатичний;
- розрахункові навантаження на КМБ розглядаємо як зосереджені;
- на носик ТЕД діє тільки вертикальна реакція (реакції, викликані силами тертя, спростимо);
- приймаємо, що поперечні сили, по напрямку руху локомотива, сприймані

колісною парою в процесі руху тепловоза, не впливають на величину реакції в МОП;

- розрахунок проводимо для випадку, коли рух тепловоза здійснюється на горизонтальній ділянці колії.

Одним з найголовніших факторів руху локомотива є швидкість, яка може бути встановленою, рівноприскореною (рівноуповільненою). Але рух локомотива по реальному профілю проходить в несталому режимі і його опис вимагає використання диференційного та інтегрального розрахунку, приймаючи до уваги поряд з миттєвою швидкістю й середні швидкості руху по часу й колії.

УДК 629.424-82

О.О. Анацький
A. Anatskyu

АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТЕПЛОВОЗІВ З ГІДРО-МЕХАНІЧНИМИ РЕГУЛЯТОРАМИ

ANALYSIS OF OPERATING PERFORMANCE LOCOMOTIVES WITH HYDRO-MECHANICAL GOVERNOR

Проведений аналіз стану парку та його старіння показав, що при подовженні експлуатації тепловозних дизелів виникає проблема забезпечення стабільності швидкісних характеристик на режимах зміни частоти обертання колінчастого вала й відповідно зміни їх потужності. При цьому складні гідро-механічні регулятори, що встановлені на всіх тепловозах і оснащені додатково коректорами наддуву, гідравлічним ізодромом і рядом інших

вузлів, не в змозі забезпечити встановлені режими енергосилової установки. Крім цього, основним недоліком цих регуляторів є недостатнє забезпечення нормальної роботи дизеля на перехідних режимах і їх складність в обслуговуванні та ремонті. Тому доцільність їхньої заміни сучасними електронними регуляторами є найбільш виправданою. Про це свідчить і закордонний досвід.

УДК 629.4.082.2

Д.О. Аулін
D.A. Aulin

ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗРОЗБІРНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ ПАЛИВНИХ СИСТЕМ ТА ПАЛИВНОЇ АПАРАТУРИ ТЕПЛОВИЗНИХ ДИЗЕЛІВ ВІД ВУГЛЕЦЕВИХ ВІДКЛАДЕНЬ НА ПОКАЗНИКИ РОБОТИ ТЕПЛОВИЗІВ

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF TREATMENT TECHNOLOGY FUEL SYSTEMS AND FUEL SYSTEMS OF DIESEL ENGINES WITHOUT DISASSEMBLING THE CARBON DEPOSITS ON THE PERFORMANCE OF DIESEL

Якість розпилювання палива в камері згоряння характеризується середнім діаметром крапель або дисперсністю розпилювання, неоднорідністю розподілу палива в паливному факелі, кутом розкриття паливного струменя і його далькості. Ці параметри розпилювання палива в значній мірі визначають ефективність сумішоутворення в камері згоряння і, як наслідок, якість процесу згоряння – основного процесу робочого циклу.

Однією з найбільш поширених причин погіршення якості розпилювання палива в циліндрі дизеля форсунками є відкладення вуглецевих відкладень на деталях паливної апаратури. Для вирішення цієї проблеми була розроблена і впроваджується технологія безрозбірної очищення паливної системи і циліндропоршневої групи теплових дизелів з використанням спеціальної миючої рідини з високою концентрацією миючих компонентів – поверхнево-активних речовин (ПАР).

Розроблена технологія пройшла ряд

випробувань, які були організовані і проведені для визначення її ефективності. Для визначення впливу технології безрозбірної очищення на якість розпилювання палива при випробуваннях застосовувався метод уловлювання крапель гліцерином з наступним мікроскопічним аналізом і обробкою результатів за допомогою спеціального програмного забезпечення. Дослідження показали, що при збереженні тиску подачі палива застосування технології безрозбірної очищення приводить до зменшення розміру утворених крапель. Це тягне за собою збільшення питомої поверхні, прискорення випаровування палива, і, як наслідок, поліпшення сумішоутворення. Для визначення теплотехнічних параметрів при стаціонарних випробуваннях використовувалася вимірювальний комплект розроблений на основі високотемпературних датчиків тиску, що дозволило робити вимір і відображення індикаторної діаграми двигуна з використанням персональних ЕОМ.

УДК 629.4.053

Д.В. Ломотько, О.М. Горобченко
D.V. Lomotko, O.M. Gorobchenko

РОЗРОБКА ДИНАМІЧНОЇ БАЗИ ЗНАНЬ ДЛЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ЛОКОТИВОМ

DEVELOPMENT OF A DYNAMIC KNOWLEDGE BASE FOR INTELLIGENT CONTROL SYSTEMS LOCOMOTIVE

На сьогодні інтелектуальні технології набули широкого розвитку в техніці. Вони

дозволяють найбільш повно використовувати переваги класичних систем

автоматичного керування та керування людиною-оператором. Одним з основних елементів інтелектуальних систем керування є база знань. Існує декілька методів представлення знань у вигляді моделей – логічних, мережевих, фреймових, продукційних. Для завдання керування рухомим складом прийнята продукційна модель, де використовуються деякі елементи логічних і мережевих. Із логічних моделей запозичена ідея правил висновку, які тут називаються продукціями, а з мережевих моделей – опис знань у вигляді семантичної мережі. В результаті застосування правил висновку до фрагментів мережевого опису відбувається трансформація семантичної мережі за рахунок зміни її фрагментів, нарощування мережі та виключення з її непотрібних фрагментів. Таким чином, у продукційних моделях процедурна інформація явно виділена і описується іншими засобами, ніж декларативна інформація. Замість логічного висновку, характерного для логічних моделей, у продукційних моделях з'являється висновок на знаннях.

База знань, що розробляється, має бути відкритою до придбання нових правил, причому бажано в автоматичному режимі. В такому випадку база буде відповідати поточним завданням і відображати принципи керування рухомим складом в теперішній час, а не на момент, коли база проектувалась у минулому.

Для організації роботи бази створено комп'ютерну програму мовою програмування Visual Basic. База знань подана в табличній формі, де стовбцями є перелік сигналів, що отримуються системою під час руху поїзда, а саме маса складу, кількість осей, поточний ухил, наступний ухил, швидкість, відстань до кінця поточного ухилу, відстань до світлофора, сигнал світлофора, відстань до ділянки з обмеженням швидкості, величина обмеження швидкості, сигнал буксування,

розгін або гальмування, складність поточної нештатної ситуації, положення контролера та кранів машиніста, тиск у гальмівній магістралі та інше. Через визначений проміжок часу система опитує стан всіх датчиків та заносить до бази поточну поїзну ситуацію. Автоматично відбувається підрахунок тотожних ситуацій. Якщо до моменту спостереження подібної ситуації не було зафіксовано, то програма створює новий рядок у базі знань з новим правилом (продукцією). Після завершення поїздки в основну базу знань, що може розміщуватись на віддаленому сервері, вносяться корегування. Таким чином, файл на сервері є своєрідною пам'яттю, в якій зберігаються усереднені дані всіх поїздок усіх локомотивів, обладнаних системою інтелектуального керування.

При створенні достатнього обсягу знань, ця база буде використовуватись вже як джерело знань для систем інтелектуального керування локомотивами. Вона буде містити досвід багатьох поїздок, і на її підставі інтелектуальний агент керування локомотивом буде давати рекомендації машиністу в тій чи іншій ситуації.

Програму протестовано на моделі руху поїзда і доведено її працездатність. Для реалізації запропонованої системи на діючих локомотивах необхідне дообладнання їх потрібними датчиками, системою просторового позиціонування, ЕОМ. Кількість датчиків та додаткового обладнання, що має бути встановлено на рухомому складі, залежить від обсягу інформації, що буде заноситись у базу знань. Сучасний рівень розвитку цифрових вимірювальних приладів дозволяє говорити про цілковиту реальність впровадження інтелектуальних систем на локомотивах. Затрати на ці заходи будуть незначними у порівнянні з очікуваним економічним ефектом.

УДК 629.421:621.355

К.О. Рябко, Є.В. Щербина
K.O. Ryabko, E.V. Shcherbina

**ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПОДОВЖЕННЯ ТЕРМІНУ СЛУЖБИ
АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ ЛОКОМОТИВІВ**

**THEORETICAL JUSTIFICATION EXTEND THE LIFE OF THE BATTERY
LOCOMOTIVES**

Розроблено аналітичний опис рідинних акумуляторних батарей локомотивів, що дозволяє враховувати при розрахунку ступінь розряду, технічний стан, вплив максимальних значень пускових струмів у діапазоні розрахункових умов, прийнятих при проектуванні кіл живлення локомотивів.

На основі математичної моделі отримано параметри електричних характеристик акумуляторів для розрахунку мінімального струму акумуляторної батареї при пуску, необхідного для надійної роботи пускової системи, а також для живлення приладів безпеки та допоміжного обладнання як тепловозів, так і електровозів.

Показано, що вольт-амперну характеристику свинцево-кислотного акумулятора стосовно розрахунку пікового струму можна вважати прямолінійною в усьому діапазоні можливих значень струму, при цьому похибка випрямлення не перевищує 5 %.

При розрахунку мінімально можливих значень пускових струмів для вибору оптимального схемотехнічного рішення пускової системи необхідно враховувати зміну внутрішнього опору акумулятора залежно від ступеня розряду і температури навколишнього середовища, оскільки він, навіть при штатних умовах експлуатації, може збільшуватися в 2,2 разу в порівнянні з опором зарядженого акумулятора при температурі 25 °С.

У технічних характеристиках акумуляторних батарей локомотивів доцільно вказувати внутрішній опір, віднесений до номінальної ємності, що дозволяє оцінити і зіставити вольт-амперні характеристики акумуляторів різних типів.

Ведуться роботи щодо подовження терміну служби акумуляторних батарей електровозів постійного струму за рахунок адаптації їх до умов експлуатації та застосування нових технологій відновлення ємності.

УДК 621.316726:321.311.1

О.Д. Супрун
O.D. Suprun

**АНАЛІЗ СИСТЕМ ГАРАНТОВАНОГО ЖИВЛЕННЯ ВЛАСНИХ ПОТРЕБ НОВІТНІХ
КОМПЛЕКТНО-БЛОЧНИХ ТЯГОВИХ ПІДСТАНЦІЙ ТА СПОЖИВАЧІВ СЦБ**

**ANALYSIS OF THE SYSTEMS OF ASSURED FEED OF OWN CHARGE NECESSITIES
THE NEWEST COMPLETELY-SECTIONAL HAULING SUBSTATIONS AND
CONSUMERS OF SCB**

У роботі вирішено завдання подальшого вдосконалення систем гарантованого

живлення новітніх комплектно-блочних тягових підстанцій шляхом використання

дизель-інерційних УГЖ на основі суміщених електричних машин.

Розроблені математичні співвідношення дозволили обґрунтувати принципи побудови дизель-інерційних УГЖ, виконаних на базі електричних машин з двома статорами обмотками, що забезпечують гальванічну розв'язку ланцюгів тягової мережі та шин гарантованого живлення особливо відповідальних електроприймачів власних потреб підстанції та СЦБ. У таких установках вдається забезпечити безперебійність

електропостачання і приблизно удвічі зменшити відхилення напруги, викликані збуреннями в ланцюзі тягової мережі.

Запропоновані способи і засоби парирування збурень забезпечують виконання вимог електроприймачів до якості електроенергії з підтримки частоти напруги, що виробляється, в діапазоні 1 Гц і при цьому вдається збільшити коефіцієнт розрядки маховика від 6 % до 78 %, тобто в 13 разів. Запропоновані схемні рішення забезпечують поліпшення форми кривої напруги, що виробляється.

УДК 621.314:621.331

В.С. Нікулін
V.S. Nikulin

ЗМЕНШЕННЯ КОМУТАЦІЙНИХ ВТРАТ ПРИ ВИМИКАННІ СИЛОВИХ КЛЮЧІВ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ЕРС НА IGBT МОДУЛЯХ

REDUCTION OF COMMUTATION LOSSES IN CASE OF SHUTDOWN OF THE POWER KEYS OF TRANSFORMERS OF ERS ON THE IGBT MODULES

Приєднання при одноопераційній комутації снаберних конденсаторів дозволяє практично позбавитися від комутаційних втрат також і при вимиканні силових транзисторів фазного модуля інвертора ЕРС та обмежити крутість фронтів вихідної напруги.

При переводі струму з силового транзистора фазного модуля на зворотний діод вузол одноопераційної комутації може

не підключатися, якщо струм навантаження досить великий. Однак при малих струмах навантаження його підключення дозволяє прискорити розряд конденсатора та обмежити тривалість комутаційного інтервалу. Якщо підключати вузол одноопераційної комутації в кожен комутацію, то можна здійснити незалежне від струму навантаження управління схемою.

УДК 621.333.001.4

Д.Л. Сушко
D.L. Sushko

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТЯГОВИХ ДВИГУНІВ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

AUTHENTICATIONS OF ELECTROMECHANICS PARAMETERS OF HAULING ENGINES OF DIRECT CURRENT

Тягові двигуни, які пройшли капітальний ремонт, найчастіше не відповідають номінальним (паспортним)

параметрам нових двигунів. Очевидно, що з ремонту виходить практично новий ТД з погіршеними характеристиками міді і сталі,

з новою навантажувальною здатністю, що впливає на нормальну роботу ТД. У зв'язку з цим, експлуатація відремонтованого ТД у колишньому (доремонтному) режимі може призвести до виникнення нових відмов, пов'язаних не стільки з якістю ремонту, скільки з невідповідністю параметрів ТД технічним вимогам.

Тому для підвищення якості і автоматизації випробувань тягових двигунів в умовах електроремонтних підприємств бажано застосовувати методи

ідентифікації, які дозволяють визначати електромеханічні параметри тягових двигунів при робочих алгоритмах функціонування останніх. Як показали дослідження, в найбільшому ступені основні вимоги до методів ідентифікації, зазначених вище, задовольняє метод простору станів, який базується на знанні миттєвих значень змінних стану тягових двигунів (сигналів струму, напруги, миттєвої потужності в силових ланцюгах ТД, частоті обертання).

УДК 629.3.03

Ю.І. Гусевський, М.М. Одегов
U.I. Gusevskiy, M.M. Odegov

**ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА
ПОСТІЙНОГО СТРУМУ З УРАХУВАННЯМ ЗМІНИ ІНДУКТИВНОСТІ
ОБМОТКИ ЗБУДЖЕННЯ ТЕД ПОСТІЙНОГО СТРУМУ**

**FEATURES OF DESIGN OF HAULING TRACTION ELECTRIC
ENGINE OF DIRECT CURRENT TAKING INTO ACCOUNT THE CHANGE OF
INDUCTANCE OF PUTTEE OF EXCITATION OF TED DIRECT CURRENT**

В даний час на залізницях України експлуатуються придбані електропоїзди з реостатно-контакторною системою пуску ТЕД. Для підвищення надійності і ефективності роботи систем електропоїздів їх конструкція постійно удосконалювалася. На електропоїздах застосовані більш потужні ТЕД, вдосконалені силові контактори, упроваджена система рекуперативно-реостатного гальмування, розроблені нові перетворювачі для живлення ланцюгів власних потреб. Істотні зміни відбулися і в механічній частині. Розроблені нові візки, здійснений перехід на нову базову довжину кузова 25 м за рахунок уніфікації вагонів приміського сполучення.

Незважаючи на це, в цілому за конструкцією, параметрами і властивостями нові приміські поїзди вітчизняного виробництва за своїм технічним рівнем істотно відстають від

сучасних вимог. В основному це визначається значною масою вагонів і електроустаткування; наявністю ступінчастого реостатно-контакторного управління ТЕД і підвищеною витратою енергії на тягу.

Підвищення тягово-енергетичних і експлуатаційних показників електропоїздів є актуальним і комплексним завданням. Воно включає розробку нових кузовів, візків і електроустаткування або їх модернізацію з метою зниження витрат в умовах експлуатації. Причому найбільшу частку цих витрат у даний час складають витрати на електроенергію. І визначаючи основні напрями вдосконалення електропоїздів постійного струму з метою зниження витрати електроенергії, необхідно виконати додаткові дослідження режимів роботи тягового електропривода існуючого ЕПС в умовах експлуатації. Для цього необхідне створення уточнених

математичних моделей тягового електропривода. І, насамперед, це необхідно починати з глибшого математичного опису тягового двигуна. Існуючі математичні моделі враховують конструктивні особливості ТЕД, вплив вихрових струмів і так далі, але при цьому

індуктивність обмотки збудження ТЕД приймалася незмінною. Тому в даний час з урахуванням збільшеного рівня засобів обчислювальної техніки можна імітувати тяговий двигун з індуктивністю, що змінюється. Це наблизить математичну модель до зразка, що діє.

УДК 621.316726:321.311

В.В. Панченко
V.V. Panchenko

ОЦІНКА ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ ВИПРЯМЛЯЮЧОГО АГРЕГАТУ ТЯГОВОЇ ПІДСТАНЦІЇ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ З КОНТАКТНОЮ МЕРЕЖЕЮ

ESTIMATION OF ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY OF STRAIGHTENING AGGREGATE OF HAULING SUBSTATION OF DIRECT CURRENT WITH THE CONTACT NETWORK

Відповідно до вимог електромагнітної сумісності перетворювальний агрегат має забезпечувати задану якість електричної енергії на виході тягової підстанції, не створюючи при цьому електромагнітних завад для ЕРС, пристроїв автоматики, СЦБ і телемеханіки.

В системі «випрямляючий агрегат – контактна мережа – навантаження» елементи здійснюють взаємний вплив один на одного. Це призводить до коливань та відхилень значень випрямленої напруги в контактній мережі. Водночас електропостачання ЕРС від випрямляючих агрегатів тягових підстанцій супроводжується генерацією в контактну мережу гармонік і, як наслідок,

електромагнітним впливом тягової мережі на суміжні електроустановки, що може перешкодити їх нормальному режиму роботи.

Відхилення показників якості електричної енергії в контактній мережі викликає необхідність застосування додаткових заходів для покращення електромагнітної сумісності випрямляючого агрегату тягової підстанції постійного струму з контактною мережею. Вирішення цієї задачі можливе лише шляхом забезпечення необхідної якості електричної енергії на виході тягової підстанції постійного струму в усіх нормальних режимах роботи тягової мережі і тягового навантаження.

УДК 621.316.9.015.3

О.І. Акімов, А.В. Нерубацька
O.I. Akimov, A.V. Nerubatskya

ЗАХИСТ ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ ВІД ГРОЗОВИХ ПЕРЕНАПРУГ

PROTECTION OF OVERHEAD LINES FROM LIGHTNING SURGES

Під час експлуатації ізоляція повітряних ліній електрифікованих

залізниць підпадає під дію як робочої напруги, так і різних видів перенапруг.

Розглянуто розрахункові випадки дії грозових перенапруг на повітряні лінії. Показано, що через специфіку повітряних ліній, що розглядаються, найбільш небезпечним є випадок удару блискавки в опору.

Розглянуто напруги, що діють на ізоляцію лінії, для цього випадку. Показано, що такі напруги, як правило, не становлять небезпеки для лінії з нормальною ізоляцією, а місця з послабленою ізоляцією мають бути захищені індивідуально.

УДК 621.314.1

А.Г. Мастепан
A.G. Mastepan

ТЯГОВИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД ЕЛЕКТРОВОЗА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ З ВЕНТИЛЬНО-ІНДУКТОРНИМ ТЯГОВИМ ДВИГУНОМ

TRACTION ELECTRIC LOCOMOTIVE DC BRUSHLESS-INDUCTOR TRACTION ENGINE

Використання вентильно-індукторного привода (ВІП) дозволяє покращити економічні і технічні показники електровоза, але потребує використання новітніх технічних рішень, при проектуванні електровоза. Для забезпечення якісної роботи ВІП розроблена схема з двократним перетворенням електричної енергії, що дозволяє використовувати тягові двигуни з

меншою напругою живлення, забезпечуючи меншу вартість тягового двигуна.

Схема живлення з двократним перетворенням енергії дозволяє покращити методи керування вентильно-індукторним приводом. Що дозволяє зменшувати пульсації моменту на валу двигуна та покращити вібро-акустичні характеристики.

УДК 621.313.333.2

Ю.І. Гусевський, А.В. Бондаренко
U.I. Gusevskiy, A.V. Bondarenko

СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ ІЗ ДВОФАЗНИМИ ТЯГОВИМИ ДВИГУНАМИ

THE CONTROL SYSTEM OF THE TWO-PHASE ELECTRIC TRACTION MOTORS

Використання двофазних тягових двигунів на електровозах постійного струму дозволяє покращити енергетичні характеристики електровоза. При цьому зменшуються пульсації вхідного струму.

Розроблена система керування дозволяє забезпечити якісні характеристики привода та збільшити енергоефективність. Побудована на сучасній елементній базі з урахуванням усіх норм безпеки на залізничному транспорті.

УДК 621.327

К.В. Ягун
К.В. Іагур

**МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ У СИСТЕМІ ЖИВЛЕННЯ ДУГОВОГО РОЗРЯДУ
ЧЕРЕЗ ОБМЕЖУВАЛЬНИЙ РЕАКТОР У ПАКЕТІ ПРИКЛАДНИХ
ПРОГРАМ MATLAB**

**DESIGN OF PROCESSES IN THE SYSTEM OF FEED OF ARC DIGIT THROUGH
THE RESTRICTIVE REACTOR IN PACKAGE APPLICATION PROGRAMS
OF MATLAB**

Для оцінки небезпечних значень струмів і напруги, яка виникає в електричних колах, важливим є виконання розрахунків параметрів, при яких виникають дугові розряди. Поява дуги може бути пов'язана з виникненням в електричній мережі короткого замикання, з комутаціями в електричних апаратах, при використанні устаткування електрозварювання. При цьому вольт-амперні характеристики дугового розряду мають нелінійний характер, що створює труднощі в розрахунку і аналізі електричних схем, в яких він виник.

Для дослідження електромагнітних процесів у системі живлення дугового

розряду було складено сигнальний граф для рівнянь, що описують резистивне коло, що живиться від змінного струму, в якому виникає дуговий розряд. На основі складеного сигнального графа була реалізована і досліджена візуальна модель системи живлення дугового розряду через обмежувальний реактор у пакеті прикладних програм Matlab. У результаті досліджень встановлено, що при зниженні живильної напруги в мережі виникає ділянка нульового струму, на якій струм дуги збігається з напругою живильної мережі.

УДК 621.316726:321.311

О.А. Плахтій
О.А. Plahtiy

**ПІДВИЩЕННЯ УМОВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ ТЯГОВОЇ
ПІДСТАНЦІ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ І ПРОМИСЛОВОЇ ЕНЕРГОМЕРЕЖІ
АКТИВНОЮ КОМПЕНСАЦІЮ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ**

**RISE OF CONDITIONS OF ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY OF HAULING
SUBSTATION OF DIRECT CURRENT AND INDUSTRIAL ELECTRIC NETWORK
BY THE ACTIVE COMPENSATION OF REACTIVE POWER**

Підвищення умов електромагнітної сумісності тягової підстанції постійного струму і промислової мережі, а також підвищення коефіцієнта потужності найбільш доцільно досягати застосуванням силових активних фільтрів. Схемотехнічно

силові активні фільтри можна поділити на послідовні і паралельні. Послідовні силові активні фільтри дозволяють реалізовувати рекуперацію енергії в промислову мережу. Однією з найефективніших схем є схема випрямляча-Вієна.

Системи управління силовими активними фільтрами, засновані на сучасній теорії потужності, дають можливість реалізовувати коефіцієнт потужності мережі, близький до одиниці, і підвищити ККД системи енергопостачання.

Також у роботі створена альтернативна система управління, заснована на Фур'є-аналізі, та побудовані імітаційні matlab-моделі систем корекції коефіцієнта потужності, що підтверджують теоретичні висновки.

УДК 629.4.014

С.І. Яцько, Я.В. Ващенко
S.I. Yatsko, Y.V. Vashchenko

МЕТОДИ ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ОБЛАДНАННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ В УМОВАХ НЕДОСТАТНЬОЇ ТА НЕДОСТОВІРНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

METHODS OF DIAGNOSTICATING OF THE TECHNICAL STATE OF EQUIPMENT OF ROLLING STOCK ARE IN THE CONDITIONS OF INSUFFICIENT AND UNRELIABLE INFORMATION

Технічний стан обладнання рухомого складу, його працездатність оцінюється за значеннями технічних параметрів, зміни яких викликані багатьма причинами і, як правило, при цьому виключена можливість встановлення однозначних зв'язків між змінами самих параметрів та причинами, що викликають такі зміни. Прогнозування надійності, засноване на спостереженні прямих або непрямих прогнозних факторів,

дозволяє виконувати моніторинг та оцінку стану обладнання в процесі його роботи (експлуатації).

В роботі розглянуті методи статистичного діагностування в умовах невизначеності. Наведені моделі визначення факторів впливу на обладнання рухомого складу для оцінки його технічного стану.

УДК 621.333.001.4

Н.П. Карпенко
N.P. Karpenko

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ МАГНІТНОГО КОЛА ДОДАТКОВИХ ПОЛЮСІВ ТЯГОВИХ ДВИГУНІВ ПУЛЬСУЮЧОГО СТРУМУ

FEATURES OF COMPUTATION OF MAGNETIC CIRCLE OF ADDITIONAL POLES OF HAULING ENGINES OF PULSATING CURRENT

Магнітне поле додаткових полюсів (ДП) являє собою складний магнітопровід зі збудженням від обмоток, по яких протікає струм кола якоря. Комутуюче магнітне поле ДП має змінюватись пропорційно струму якоря, у зв'язку з цим у робочому діапазоні навантажень магнітне

коло ДП повинно бути з лінійними властивостями. При пульсуючому живленні лінійність магнітного кола порушується внаслідок впливу вихрових струмів. Для кількісного врахування цього явища магнітні потоки пропонується визначати з використанням схем заміщення.

Особливістю розрахунку магнітних потоків є врахування неоднорідності зміни магнітного поля, залежність магнітної

проникності від структури магнітного кола, а також вплив сполученості потоків головних і додаткових полюсів у станині.

УДК 621.314.57

О.І. Семененко
O.I. Semenenko

ВХІДНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ЕЛЕКТРОВОЗА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ З БЕЗКОЛЕКТОРНИМИ ТЕД

THE INPUT CONVERTER ELECTRIC DC TRACTION MOTORS WITHOUT RESERVOIR

Система тягового електропостачання постійного струму має відносно низький рівень напруги 3,3 кВ, що не дозволяє суттєво збільшувати навантаження на контактну мережу. Радикальним рішенням цієї проблеми є підвищення напруги в мережі і технічна реалізація такої системи тягового електропостачання на сьогодні не викликає особливих труднощів. Не вирішеним залишається питання побудови електрорухомого складу постійного струму на підвищену напругу живлення.

Вхідний перетворювач такого електрорухомого складу має знижувати рівень вхідної напруги до необхідного для живлення ТЕД у режимі тяги, а також підвищувати напругу від ТЕД у режимі рекуперативного гальмування для повернення електроенергії в тягову мережу. Як навантаження вхідного перетворювача можуть бути безпосередньо підключені ТЕД постійного струму при модернізації існуючого електрорухомого складу або інвертор для живлення безколекторних ТЕД на новому електрорухомому складі.

УДК 621.333.3:621.314.57

О.О. Краснов
A.A. Krasnov

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ТЯГОВОЇ МЕРЕЖІ ЗМІННОГО СТРУМУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ У БОРТОВИХ КОМПЕНСАТОРАХ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ

A MATHEMATICAL MODEL OF AC TRACTION SYSTEM FOR STUDY OF PROCESSES IN ELECTRIC LOCOMOTIVES ONBOARD REACTIVE POWER COMPENSATORS

Система тягового електропостачання змінного струму напруги 25 кВ, 50 Гц має ряд недоліків енергетичного характеру і потребує модернізації. Одним з найважливіших напрямків досліджень при цьому є компенсація реактивної потужності на тягових підстанціях та

електрорухомому складі (ЕРС). Проблемі компенсації реактивної потужності на ЕРС на сьогодні не приділяється належна увага.

Дослідження показують, що пасивний LC-компенсатор на ЕРС може бути доповнений активним фільтром на базі 4q-S-перетворювача. Це забезпечує фільтрацію

вищих гармонік первинного струму електровоза, при цьому фазовий зсув між основними гармоніками напруги та струму наближається до нуля, а коефіцієнт потужності ЕРС зростає до $0,95 \div 0,97$ в усьому діапазоні регулювання. Це зумовлює не тільки покращення показників якості електроенергії, а й зниження її питомих витрат на тягу поїздів на 1-1,3 %.

Математична модель системи електропостачання (СЕР) змінного струму має включати в себе такі об'єкти: 1) система зовнішнього електропостачання; 2) тягова підстанція; 3) тягова мережа; 4) електровоз. Основні етапи побудови моделі: 1) формування структурної схеми СЕР; 2) формування схем заміщення елементів СЕР; 3) складання систем рівнянь, що описують електромагнітні процеси в елементах системи; 4) реалізація

математичної моделі СЕР у середовищі віртуального моделювання.

Як математичний апарат при створенні моделей СЕР змінного струму використовуються диференціальні рівняння за законами Кірхгофа або матричні рівняння. При розрахунках несиметричних режимів і дослідженні електромагнітної сумісності СЕР високу точність і адекватність розрахунків можуть дати методи, засновані на системах рівнянь вузлових напруг.

Математична модель тягової мережі змінного струму дає змогу виконувати дослідження електромагнітних процесів у бортових компенсаторах реактивної потужності ЕРС змінного струму з метою вибору їх оптимальних параметрів і формування оптимальних алгоритмів керування такими пристроями.

УДК 621.431.75

С.С. Тимофеев
S.S. Timofeyev

ТЕХНОЛОГІЧНЕ УПРАВЛІННЯ ЗНОСОСТІЙКІСТЮ ПРЕЦИЗІЙНИХ ПАР ТЕРТЯ

TECHNOLOGICAL OF DURABILITY CONTROL OF HIGH-PRECISION FRICTION PAIRS

Експлуатаційна надійність гідромоторів залежить від зносостійкості прецизійних пар тертя, які забезпечують безредукторну передачу великих крутних моментів. Вузлом, що лімітує довговічність гідромотора, є пара тертя поршень-втулка, через яку передається тиск робочої рідини до механізму головного привода. Втулка запресована в чавунний корпус, виготовляється із сталі 18ХГТ, робоча поверхня якої цементується на глибину 0,6-1,0 мм і гартується до HRC 56-62. Номинальний діаметр спряження 50 мм. У втулці здійснює зворотно-поступові переміщення поршень з ВЧ 60, розмір якого шляхом вибірки або сполученої обробки забезпечує

допуск зазору в з'єднанні в межах 0,02-0,03 мм. Конструкторські вимоги щодо шорсткості поверхні: для втулки $Ra = 0,2$ мкм, для поршня $Ra = 0,4$ мкм. Основною причиною втрати потужності, ККД та, в кінцевому підсумку, працездатності машин цього призначення є знос деталей турбосистеми втулка-поршень. За наявними даними вже після 3000 годин роботи гідромотора спостерігається зменшення крутного моменту до 20 %, а після 5000-6000 тис. годин потрібний ремонт із заміною поршнів відновленням вихідного зазору в спряженні. Середній зазор у сполученні змінювався таким чином: до експлуатації –

0,022 мм; 3000 годин роботи – 0,042 мм; 6000 годин роботи – 0,061 мм. Для зменшення темпу зносу розглянутого з'єднання в процесі технологічного впливу на робочі поверхні його елементів бажано отримати значення структурних та енергетичних характеристик як можна більш близьких до тих, що мають місце в період сталого режиму тертя. Розрахунок технологічних факторів проводився на

основі залежностей з урахуванням силових, швидкісних та температурних факторів, що виникають у зоні різання. На основі проведених досліджень можна рекомендувати такі методи та умови обробки: втулки – алмазне розточування різцем з композиту 10; поршня – тонке гостріння одночасно двома різцями, здійснюване за допомогою спеціального різцетримача.

УДК 621.9.047.7/785.5

В.М. Остапчук, І.І. Федченко
V.N. Ostapchuk, I.I. Fedchenko

ТЕХНОЛОГІЧНЕ УПРАВЛІННЯ ЗНОСОСТІЙКІСТЮ ДЕТАЛЕЙ МАШИН TECHNOLOGICAL OF DURABILITY CONTROL OF MACHINE PARTS

Надійність та довговічність машин, механізмів та приладів визначається в основному збереженням розмірів їх елементів, якістю поверхонь тертя, поверхневою міцністю тертьових спряжень. Руйнівні дії тертя та загальні економічні втрати економіки, що викликаються зношуванням машин, оцінюються сумою 8-10 млрд грн на рік. У даний час у вітчизняній і зарубіжній практиці відома велика кількість методів і способів їх реалізації підвищення експлуатаційних властивостей деталей машин. Кожен з них дає, як правило, тільки один певний ефект, що призводить до поліпшення властивостей основного матеріалу.

Серед численних методів поверхневого зміцнення освоєними і дуже поширеними в практиці транспортного машинобудування є такі види обробки: хіміко-термічна; електроіскрова; плазмова бездифузійна; детонаційна; лазерна; іонно-плазмова; метод хімічного осадження з газової фази при термічному випаровуванні; гальванічна. Кожен з перелічених видів має свої переваги і недоліки, які необхідно враховувати залежно від розмірів конструкції деталі,

умов її роботи, матеріалів та інших чинників підвищення експлуатаційних властивостей, а саме зносостійкості, задиростійкості, припрацювання для деталей машин, що працюють в умовах тертя зносу.

Слід зазначити, що у всіх відомих методах хіміко-термічної обробки, зміцнені поверхневі шари є одношаровими і тому можуть виконувати одну певну задану функцію. Комплекс триботехнічних властивостей можуть мати лише багатшарові поверхневі шари, коли кожен з шарів має певний склад, структуру і властивості. Багатшарові поверхневі покриття утворюються при параметричному оксидуванні сплавів, однак, незважаючи на технологічні переваги цього способу і складність структури, шар має недоліки, які в основному полягають у нестабільних триботехнічних властивостях.

Підвищення експлуатаційних властивостей деталей машин можна здійснити інтенсифікацією процесів формування захисних покриттів, що мають задані експлуатаційні властивості.

УДК 65.011

П.П.Акулич, В.В. Ткаченко
P.P. Akulich, V.V. Tkachenko

**ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНЧЕСКОГО УЧЕТА В
МЕЛКОСЕРИЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ КАК ОСНОВА КАЧЕСТВА
ВЫПУСКАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ**

**ORGANIZATIONAL ASPECTS OF MANAGEMENT ACCOUNTING
IN LOW-VOLUME PRODUCTION AS THE BASIS OF THE QUALITY OF PRODUCTS**

Для достижения основной цели любой коммерческой организации в условиях рыночных отношений – максимизации прибыли – требуется постоянный поиск путей повышения эффективности функционирования и использования новых прогрессивных технологий как в производственном процессе, так и сфере управления, одним из результатов которых является повышение качества выпускаемой продукции как гаранта завоевания своей ниши на рынке ее сбыта.

На предприятиях с мелкосерийным характером производства в настоящее время не решены многие задачи управления производственной деятельностью. Внедрение управленческого учета на предприятиях с мелкосерийным производством требует исследования существующей практики

учета затрат и калькулирования себестоимости продукции с целью выработки рекомендаций по их совершенствованию, а также внедрения новых методов подготовки информации о затратах и результатах производственной деятельности для удовлетворения потребностей управления. В частности, в ряде управленческих ситуаций, возникающих в практической работе предприятий мелкосерийного типа производства, невозможно принять верное решение, основываясь только на информации о полной себестоимости, формируемой в рамках финансового учета. В результате этого появляется необходимость использования аналитических приемов системы «директор-кастинг» в управлении производственной деятельностью.

УДК 62.93

Л.А. Тимофеева, А.П. Тотай
L.A. Timofeyeva, A.V. Totay

**МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ФИЗИЧЕСКОГО
КРИТЕРИЯ СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН**

**METROLOGICAL SUPPORT OF COMPLEX PHYSICAL CRITERION OF
BEHAVIOR OF THE SURFACE LAYER OF MACHINE PARTS**

Технологические методы воздействия на поверхность, сопровождающиеся деформационными и тепловыми явлениями, вызывают сложные физико-химические процессы, приводящие к

нарушению равновесия в электронной системе материалов. Несмотря на различие физической природы трансформаций, происходящих в поверхностном слое в результате внешних воздействий,

эмиссионная реакция сводится к снижению энергетического порога. Метод экзoeлектронной эмиссии малочувствителен к типу поверхностного дефекта, что служит его индикатором. Поэтому использование его для контроля состояния поверхностного слоя должно сопровождаться установлением взаимосвязей параметров экзoeлектронной эмиссии с закономерностями процесса дефектообразования в поверхностном слое. В прикладных технических задачах в основном различают два вида экзoeлектронной эмиссии:

1 – фотостимулированная электронная эмиссия (ФСЭС) – эмиссия, регистрируемая в процессе освещения при постоянной температуре;

2 – термостимулированная электронная эмиссия (ТСЭЭ) – эмиссия,

регистрируемая при нагревании контролируемого объекта.

Несмотря на то что в металлах имеется достаточное количество свободных электронов, для возникновения экзoeлектронной эмиссии необходимы возбуждения и стимуляция. Исследования корреляционных связей уровня экзoeлектронной эмиссии с физическими параметрами состояния поверхностного слоя проводились для трех методов обработки: тонкое точение, круглое наружное шлифование и алмазное выглаживание. Рассматривая силу связи каждого параметра в отдельности с интенсивностью экзотока, наблюдается хорошая сходимость значений парной корреляции для всех трех методов обработки.

УДК 621.431.75

В.М. Остапчук, С.С. Тимофеев

V.N. Ostapchuk, S.S. Timofeyev

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ПРЕЦИЗІЙНИХ ПАР ТЕРТЯ

ENGINEERING-AND-ECONOMICAL ASPECTS OF DURABILITY CONTROL OF HIGH-PRECISION FRICTION PAIRS

Економічність, безвідмовність, довговічність роботи дизельного двигуна в значній мірі залежать від технічного стану паливної апаратури, важливим елементом якої є плунжерні пари. Одним з основних недоліків у роботі паливного насоса дизельного двигуна є зниження циклової подачі палива на всіх режимах і особливо при запуску двигуна.

В даний час деталі плунжерних пар дизельних двигунів на наших заводах виготовляють з шарикопідшипникових сталі ШХ-15, сталі ХВГ і хромомолібденової 25Х5МА, з подальшою термообробкою і хіміко-термічною обробкою для забезпечення заданих вимог,

а саме твердість циліндричних робочих поверхонь плунжерних пар має бути не нижче HRC 58, параметр шорсткості поверхні втулки і плунжера $Ra = 0,04$ мкм, конусність плунжерів і втулок – не більше 0,0006 мм (по довжині 20 мм), некруглість – не більше 0,0005 мм, нециліндричність – 0,0002 мм і діаметральний зазор – не менше 0,0006 мм. Прецизійні елементи паливної апаратури повинні мати тривалий термін служби (4000 ... 5000, до 6000 мотогодин) і протягом цього терміну зберігати свої експлуатаційні властивості.

Організація і планування відновлення деталей паливної апаратури, безпосередньо пов'язані з необхідністю правильного

визначення ремонтного фонду деталей, безповоротно вийшли з ладу через непереборні зноси і дефекти. Для оцінки величини та характеру розподілу основних дефектів робочих поверхонь плунжерних пар паливних насосів був використаний метод математичної статистики. Даний

метод у комплексі з іншими дослідженнями дозволяє дати кількісну характеристику зносів деталей, визначити характер і величину дефектів, правильно вирішити питання про доцільність їх заміни, відновлення і подальшого використання.

УДК 621.91.10

Л.І. Пуятіна, Н.О. Лалазарова
L.I. Putyatina, N.A. Lalazarova

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ ФРИКЦІЙНО-ЗМІЦНЮВАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ З ВИСОКОМІЦНОГО ЧАВУНУ

FEATURES OF THE FRICTION-HARDENING MACHINING OF HIGH-STRENGTH CAST IRON PASTS

Процес високошвидкісного тертя як технологічна операція має досвід промислового використання. Але, завдяки особливостям чавуну, застосування сил тертя для розігріву поверхні чавунних деталей вважається недоцільним. У той же час витрати енергії при фрикційно-зміцнювальній обробці значно менші, ніж при індукційному чи газоплазмовому нагріві.

У зв'язку з цим науковий та практичний інтерес мають результати дослідження процесу фрикційно-зміцнювальній обробки високоміцного чавуну в якості фінішної операції, що дозволяє виключити поверхневу термічну або хіміко-термічну обробку та наступне чистове шліфування.

Сутність способу полягає у такому: на круглошліфувальному верстаті замість шліфувального круга встановлюється загартований сталевий диск і за допомогою поперечної подачі проводиться обробка (аналогічно шліфуванню) у такому температурно-силовому режимі, щоб у поверхневому шарі відбулися фазові перетворення. Інтенсивне відведення тепла відбувається в глибину деталі. У результаті

в поверхневому шарі утворюється специфічна структура («білий шар»), що має високу твердість, міцність та слабку травимість. В зону контакту інструмент-деталь подавалося масло Індустріальне-20.

Для експериментальних досліджень використовувалися циліндричні зразки з високоміцного чавуну з кулястим графітом, який у даний час застосовується для виробництва відповідальних деталей автомобільних, комбайнових і тепловозних двигунів (колінчастих і розподільчих валів, поршневих кілець, шатунів та ін) такого хімічного складу: 3,5 % С; 2,7 % Si; 0,7 % Mn; 0,03 % P; 0,005 % S; 0,1 % Cr; 0,1 % Ni; 0,07 % Mg. Зразки піддавалися нормалізації з утворенням перліто-феритної структури металевої матриці (НВ 248-302).

У результаті досліджень встановлено, що раціональною температурою і тиском в процесі обробки є 950-980°C і 500-550 МПа відповідно; твердість поверхнього шару чавунних деталей збільшується в 1,5-2 рази і досягає 7500-7800 МПа на глибину до 150 мкм, шорсткість поверхні складає $Ra = 0,8-0,5$ мкм.

УДК 658.516:656.2

*Г.Л. Комарова,
А.Л. Комарова*

ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПРОМИСЛОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

APPLICATION OF MODERN TECHNOLOGY TO IMPROVE THE QUALITY OF INDUSTRIAL PRODUCTS

Підвищення надійності сучасної техніки, зниження собівартості її обслуговування, забезпечення конкурентоспроможності, продовження ресурсу експлуатації, а також її реновація шляхом застосування сучасних технологій для відновлення працездатності вузлів до рівня нових виробів – найбільш пріоритетні напрямки розвитку техніки.

Застосування технологій нанесення захисних покриттів, серед яких газотермічні процеси займають значне місце, є одним із кардинальних шляхів вирішення даного питання.

З використанням існуючих у даний час обладнання, матеріалів і технологій газотермічного напилення стало можливим значно знизити або виключити вплив на зношування деталей таких факторів, як ерозія, корозія (в тому числі високотемпературна), кавітація і ін.

Метод газотермічного напилення характеризується широтою технологічних можливостей:

- захисні покриття можна наносити на об'єкти будь-яких розмірів: мости, будівельні конструкції, колінчаті вали, лопатки турбін та ін;

- товщина покриття може становити від 0,01 до 10 і більше мм; покриття

можуть мати задану пористість (від 0 до 30 і більше відсотків);

- захисні покриття можуть бути виготовлені з будь-яких матеріалів, що мають точку плавлення або інтервал розм'якшення;

- як підкладку можна використовувати дерево, скло, пластмаси, кераміку, композиційні матеріали, метали;

- нанесення захисних покриттів може проводитися в широкому діапазоні складу покриття, температури і тиску;

- нанесення металевих і керамічних покриттів не викликає значного нагрівання напилюваної поверхні, отже, забезпечується збереження геометричних розмірів деталей.

Газотермічні покриття застосовують при ремонті устаткування та зміцненні робочих поверхонь нових деталей. Залежно від призначення покриття та умов його роботи змінюються вимоги до точності дотримання основних параметрів покриття – його складу, товщини, щільності і міцності зчеплення з підкладкою.

В даний час вітчизняні підприємства, що борються за своє місце на ринку, все частіше починають впроваджувати сучасні методи газотермічного нанесення покриттів для підвищення якості продукції, що випускається.

УДК 620.22.66.067.124

Е.С. Геворкян, О.М. Мельник
E.S. Gevorkyan, O.M. Melnik

**СИНЕРГИЯ ЗОВНІШНІХ ЧИННИКІВ У ПРОЦЕСІ
ЕЛЕКТРОКОНСОЛІДАЦІ БІНАРНИХ НАНОСИСТЕМ НА
ОСНОВІ ZrO_2 ІЗ СФЕРОДИЗОВАНОЮ ТОПОЛОГІЄЮ
ВИХІДНИХ ЧАСТИНОК**

**SYNERGY OF EXTERNAL FACTORS IN BINARY NANOSYSTEM BASED
ON ZrO_2 , OBTAINED VIA ELEKTROKONSOLIDATION**

Зроблено аналіз підсумовуючого ефекту взаємодії двох факторів (тиск пресування, час витримки при встановленій температурі) на процес утворення і росту пор і зерен у наносистемах ZrO_2 -20% Al_2O_3 в умовах електроконсолідації. Електроконсолідація порошкових сумішей проводилася за допомогою установки горячого пресування з пропусканням струму.

Використання установки для горячого пресування дозволяє отримати кінцевий результат з новим рівнем фізико-механічних властивостей, знизити при цьому значення температури спікання і час витримки, що дозволяє значно знизити виробничі витрати, а також інтенсифікувати процес отримання матеріалів за рахунок швидкості підвищення температури, самої температури і часу витримки.

При консолідації порошоків на установці горячого пресування з пропусканням електричного струму вдалося отримати зразки з відносною щільністю порядку 99,6 % вже при температурі витримки 1200° С. Пористість складів на основі порошоків з лускатою топологією вища, ніж пористість складу на основі гранульованого порошку із середнім розміром кристалітів 90 нм при однакових умовах пресування.

Крім того, варто зазначити також, що зерна в процесі компактування росли з меншою інтенсивністю і в кінцевому зразку склали ~ 230 мкм, що в свою чергу дозволило досягти майже теоретичної щільності при високих швидкостях нагрівання (200° С/хв), коли ущільнення переважає над коалесценцією у всьому температурному інтервалі і зростання пор пригнічено.

УДК 620.22.66.067.124

Э.С. Геворкян, В.В. Сирота,
О.М. Мельник, В.В. Иванисенко
E.S. Gevorkyan, V.V. Sirota,
O.M. Melnik, V.V. Ivanisenko

STRUCTURE AND PROPERTIES OF NANO-POROUS CERAMIC Al_2O_3

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА НАНОПОРИСТОЙ КЕРАМИКИ Al_2O_3

Целью исследования является получение методом изостатического прессования прочных нанопористых керамических материалов широкого

спектра технического применения с однородным распределением субмикронных и наноразмерных пор по объему.

Основой для получения прочной нанопористой керамики в настоящей работе является утверждение, что значительное повышение механических свойств керамик, в том числе на основе Al_2O_3 , может быть реализовано на пути создания материала с тонкой однородной структурой.

Использование наноразмерных порошков для получения керамики позволило значительно интенсифицировать влияние процессов их спекания за счёт увеличения контактных зон порошков и градиента коэффициента диффузии, что значительно ускоряет массоперенос, благодаря чему происходит уплотнение материала.

Установлено, что поровая структура полученного из наноразмерного порошка Al_2O_3 методом изостатического прессования нанопористого керамического материала представляет собой систему

непрерывных каналобразующих пор неупорядоченной формы. Фактически такая структура соответствует двум взаимопроникающим компонентам: керамический каркас и сообщающееся поровое пространство.

Пористая структура полученной керамики характеризуется унимодальным распределением пор по размерам, средним размером пор 616.7 нм, однородно распределенной по объему пористой структуры порядка 60 % и величиной изолированной пористости не более 3 %.

Таким образом, методом изостатического прессования из наноразмерного порошка оксида алюминия получена механически прочная нанопористая керамика Al_2O_3 (предел прочности на сжатие – 50 МПа), которая является весьма перспективной для различных практических приложений.

УДК 621.783.2:656.2

Л.А. Тимофеева, М.С. Альохин
L.A. Timofeeva, M.S. Alyokhin

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕРМІЧНОЇ ТА ХІМІКО-ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАЛІЗОВУГЛЕЦЕВИХ СПЛАВІВ

IMPROVEMENT OF THERMAL AND CHEMICAL-HEAT TREATMENT IRON-CARBON ALLOYS

Для забезпечення заданих властивостей використовують різні способи і методи поверхневого зміцнення, в основному застосовують термічну (ТО) або хіміко-термічну обробку (ХТО). В даний час ТО та ХТО проводять в спеціальних нагрівальних агрегатів, які мають конфігурацію робочого простору циліндра або паралелепіпеда.

Недоліком ТО та ХТО є окислення металу з утворенням угару, який потрібно в подальшому видаляти механічною або хімічною обробкою, що збільшує кількість технологічних операцій. Тому проблема

полягає в розробці нової конфігурації нагрівальних пристроїв без утворення угару.

Для визначення впливу конфігурації робочого простору на металеві вироби були проведені дослідження. Для цього зразки із сталі 45 були поміщені в картонну форму, що була зроблена у вигляді паралелепіпеда, циліндра і піраміди. Об'єм займаного простору був у всіх однаковий. Для прискореного проведення експерименту зразки були зволожені і накріті цими фігурами.

Через 56 годин зразки були оглянуті на наявність на поверхні іржі. На зразках, які мають форму паралелепіпеда та циліндра, було 100 % іржі, а на зразку, який був у пірамідальній фігурі, іржі не було.

В результаті проведених досліджень встановлено, що пірамідальна конфігурація впливає на процес окислення.

Були проведені дослідження, в яких був замінений матеріал робочого простору, а саме картон був замінений на листову сталь 08кп з якої виготовлені ідентичні вироби з однаковим об'ємом робочого

простору. Зразки для прискорення були зволожені.

Зразок поміщений у простір пірамідальної конфігурації за 56 годин, на зразку іржі не має.

Проведені дослідження, що дають можливість використати конфігурацію для виготовлення дослідного зразка. У пірамідальній конфігурації не відбувається процес окислення, тобто цю конфігурацію треба застосовувати у термічному обладнанні, в конфігурації нагрівальної камери.

УДК 669.056.9

Л.В. Волошина
L. Voloshyna

РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧА ТЕХНОЛОГІЯ НАНЕСЕННЯ ПОКРИТТІВ RESOURCE-SAVING TECHNOLOGY OF DRAWING COVERINGS

Застосування захисних покриттів не тільки дозволяє заощаджувати метал, збільшувати довговічність конструкцій, заощаджувати енергоресурси, але дає можливість створювати принципово нові вироби, необхідні для створення сучасної техніки.

Пропонується застосування водного розчину алюмохромфосфатної солі (АХФС) з використанням технології обробки деталей у парогазовому середовищі для підвищення триботехнічних властивостей залізобуглецевих сплавів. Обробка поверхні сталі 40Х та сірого чавуну здійснювалася перегрітою парою водного розчину АХФС при температурі $600 \pm 20^\circ\text{C}$ з наступним охолодженням у маслі.

Металографічні дослідження зразків проводилися на мікротвердомірі ПМТ-3 та на мікроскопі „НЕОРНОТ 2”, рентгеноспектральний аналіз зразків проводився на скануючому вакуумному кристал-дифракційному спектрометрі „Спрут”-В у діапазоні довжин хвиль $0,4 \div 11 \text{Å}$. Результати аналізу показали, що

покриття має аморфну структуру. При нанесенні покриття відбуваються процеси, які ведуть до утворення оксидів (Fe_2O_3) та шпінелей (Fe_3O_4).

Як показали проведені дослідження впливу утвореного поверхневого шару на триботехнічні властивості пари тертя, обробка деталей із залізобуглецевих сплавів у парогазовому середовищі водного розчину АХФС має такі переваги:

- підвищення зносостійкості пар тертя у 2,5 – 3 рази, за рахунок утворення на поверхні деталей аморфних структур, оксидів (Fe_2O_3) та шпінелей (Fe_3O_4);
- скорочення періоду припрацювання пари тертя;
- значне скорочення часу на обробку деталі порівняно з традиційними технологіями ХТО;
- забезпечення дифузійного насичення у важкодоступних місцях;
- відносно невелика собівартість, ресурсозбереження і екологічна чистота завдяки низькій концентрації насичуючих елементів.