

В. Г. МАСЛИЕВ, д-р техн. наук, проф. НТУ «ХПИ»

К 50-ЛЕТИЮ СОЗДАНИЯ ПЕРВОГО ОТЕЧЕСТВЕННОГО ТЕПЛОВОЗА НА ПНЕВМАТИЧЕСКОМ РЕССОРНОМ ПОДВЕШИВАНИИ

Приведены основные этапы научно-исследовательских, проектно-конструкторских работ, практической реализации пневматического рессорного подвешивания на тепловозах, а также некоторые результаты динамических и эксплуатационных испытаний

Ключевые слова: тепловоз, пневматическая рессора, статический прогиб, динамические показатели

Вступление. Исполнилось 50 лет с того времени, когда на заседании кафедры «Локомотивостроение» (ныне кафедра «Электрического транспорта и тепловозостроения») НТУ «ХПИ» было заслушано сообщение заведующего кафедрой, профессора С. М. Куценко о проблемах, связанных с не удовлетворительными динамическими качествами выпускаемых тепловозов. Это отрицательно влияет на безопасное функционирование подвижного состава и снижает работоспособность локомотивных бригад.

Как наиболее реальный путь решения проблемы профессор С.М. Куценко предложил открыть на кафедре новую тему, которая основывалась на результатах практического применения пневматического рессорного подвешивания на железнодорожном и автомобильном транспорте за рубежом. В частности, пневматическое рессорное подвешивание на ж.д. транспорте в Японии показало существенные преимущества перед металлическим рессорным подвешиванием.

Кафедра решила создать творческую группу из молодых инженеров во главе со старшим инженером В. А. Закорецким для выполнения работ по этой перспективной теме.

Так начиналась эта работа, которая продолжается на кафедре и в настоящее время.

Анализ основных достижений и литературы. К этому времени были достигнуты значительные успехи в деле применения пневматического рессорного подвешивания отечественным и зарубежным вагоностроением, а также автомобильной промышленностью. Однако механически перенести пневматические рессоры на тепловозы не удавалось, поскольку пространство в пределах их тележек чрезвычайно заполнено тяговыми приводами и другим оборудованием.

Впервые в СССР системой пневматического рессорного подвешивания был оборудован тепловоз, серии ТЭ7 - 001, постройки Харьковского завода транспортного машиностроения им. Малышева. Это был первый отечественный пассажирский тепловоз, который в это время находился во

Всесоюзном научно-исследовательском тепловозном институте (ВНИТИ, г. Коломна Московской обл.) на комплексных путевых, динамических, прочностных и пр. испытаниях.

Конструктивная скорость тепловоза составляла 140 км/ч, но на испытательном полигоне его скорость доводилась до 160 км/ч при металлическом рессорном подвешивании.

Испытания тепловоза выявили проблему: при основной эксплуатационной и конструкционной скоростях движения коэффициенты плавности хода и динамики, а также максимальные вертикальные ускорения в кабине машиниста - не соответствуют санитарным нормам для локомотивных бригад машинистов. Утомляемость локомотивных бригад увеличивается, а их состояние обеспечивает безопасность движения. Это обстоятельство и послужило поводом к решительным действиям, предпринятым рядом научных организаций и, в том числе, нашей кафедрой, по решению этой проблемы.

Однако, исследования показали, что радикально решить эту проблему с помощью металлических систем рессорного подвешивания не удастся, поскольку им органически присущ ряд недостатков: трудности конструктивного и технологического характера при обеспечении необходимой величины статического прогиба, от которого напрямую зависят показатели динамики транспортных средств и комфортности для локомотивных бригад и пассажиров, обязательное применение гасителей колебаний, надежность в эксплуатации которых оставляет желать большего, слабая фильтрация вибраций и шума и др. Реальные возможности совершенствования таких систем практически исчерпаны.

Мировой опыт показывает, что одним из перспективных направлений решения проблемы повышения комфортности для машинистов и пассажиров транспортных средств является применение пневматического рессорного подвешивания, которое обладает существенными преимуществами перед металлическим т.к. обладает значительно большей энергоемкостью. Это позволяет реализовать в одинаковых габаритах необходимую величину статического прогиба. Тем самым обеспечивается снижение собственной частоты колебаний надрессорного строения до величин меньших, чем 1 Гц.

При такой, наиболее комфортной для человека частоте колебаний, возрастает производительность труда, внимание, снижается утомляемость, а также повышается надежность работы механизмов и устройств, т.к. уменьшаются инерционные силы, действующие на них.

К достоинствам пневматического рессорного подвешивания относится также возможность полностью или частично избавиться от гасителей колебаний, высокие шумо-виброизолирующие свойства, обеспечение стабилизации уровня пола вагона и автосцепки при изменении загрузки вагона и снижение динамического воздействия на путь.

Опыт эксплуатации транспортных средств, оборудованных системами пневматического рессорного подвешивания за рубежом (Япония, Франция, Англия, Италия и др.), как на автомобильном, так и на железнодорожном транспорте показывает экономическую целесообразность его применения.

На пути практической реализации теоретических и конструкторских работ творческой группы кафедры встала задача отыскания гибких оболочек для пневморессор, без которых их реализовать невозможно.

Предложения по применению в качестве гибких оболочек покрышек от колес автомобилей или даже самолетов не прошли - из-за большой жесткости и недостаточной величины их допустимых деформаций в осевом и поперечном направлениях.

Решение пришло случайно, после получения «секретной» информации о применении пневморессор в военном промышленном комплексе, для которого гибкие оболочки необходимых типоразмеров производились в НИКТИ шинной промышленности (г.Омск).

После оформления множества разрешительных документов туда был откомандирован А. Н. Рубан – ст. инженер Отраслевой лаборатории на каф. «Локомотивостроения». Благодаря его умению убеждать людей, уже через пару недель на кафедру пришел контейнер с гибкими оболочками, имевшими клеймо военной приемки, что подтверждало их высокое качество.

Это было время, когда все работали с большим энтузиазмом. Поэтому, творческая группа смогла сократить до минимума процесс разработки техдокументации и период изготовления опытного образца пневморессоры.

Цель исследования, постановка задачи Целью статьи является освещение основных этапов создания пневматического рессорного подвешивания для тепловозов и дизель-электропоездов, а также эволюции технических решений его элементов. Задачи, которые были решены в тот период, были связаны с разработкой конструкции пневморессоры в части ее арматуры, воздушных трубопроводов и резервуаров, дросселей, а также регулятора положения кузова (РПК). Он должен был обеспечивать устойчивую работу системы пневмоподвешивания (отсутствие автоколебаний) и приемлемый расход сжатого воздуха, который черпался из тормозной магистрали тепловоза. Над созданием оригинального РПК трудились ст.преподаватель А.И. Грабовский, ст. инженер Е.Н. Дмитриев, вед. инженер И. Карпов. Они не только разработали техдокументацию, но и построили опытный образец «аналогового» РПК с гидравлическим демпфером, который впоследствии применялся на многих тепловозах.

Материалы и результаты исследований. По результатам успешно проведенных стендовых испытаний системы пневматического рессорного подвешивания, был составлен Отчет по НИР, доработана техническая документация и все эти материалы отправлены во ВНИТИ.

К чести коллектива ВНИТИ, оборудование тепловоза ТЕ7-001 пневматическим рессорным подвешиванием прошло успешно и без лишних

проволочек (!) получено разрешение Министерства путей сообщения на его выезд на магистральные пути испытательного полигона Голутвин - Озеры и на магистральный участок ж.д. пути большой протяженности Рязань- Рязск Московской ж.д.

Для выявления оптимального варианта параметров пневматического рессорного подвешивания испытаниям подвергались четыре варианта, у которых варьировались параметры элементов системы пневмоподвешивания так, что статический прогиб составлял 65, 100, 140 и 180мм. Скорости движения в прямых участках пути и в кривых радиуса 1000м достигали 140км/ч, а в кривых радиуса 600 и 300м – 120 и 70 км/ч –соответственно.

Наилучшие результаты получены при статическом прогибе 180мм. Максимальные ускорения при этом и скорости движения 140 км/ч не превышали $1,2 \text{ м/с}^2$ при частоте вынужденных колебаний в основном совпадающей с частотой собственных вертикальных колебаний кузова на пневморессорах, которая равнялась 1,4-1,5 Гц. Оценка качества демпфирования по логарифмическому декременту затухания колебаний показала, что он составляет 2,4 – 2,5, т. е. находится в рекомендуемых пределах, а коэффициент вертикальной динамики не превышал 0,09 при всех режимах движения.

Для того, чтобы наглядно оценить полученные результаты, приведем значения упомянутых показателей динамики этого же тепловоза, но при металлическом рессорном подвешивании:

- максимальные ускорения при скорости движения 140 км/ч равны $3,6 \text{ м/с}^2$, т. е. в три раза выше;
- коэффициент вертикальной динамики 0,32 , т.е. в 3,5 выше.

Испытаний полностью подтвердили результаты теоретических исследований динамики тепловоза, оборудованного пневморессорами, на математических моделях и показали их адекватность, что позволило уверенно их применять в дальнейшем для прогнозирования динамических качеств перспективных тепловозов.

Получен также неоценимый опыт и по ряду других вопросов, таких как особенности горизонтальной динамики тепловоза, по материалоемкости конструкции, по обеспечению равномерного распределения нагрузок от колес на рельсы, по устойчивости гибких оболочек при поперечных деформациях и т.д.

Весомые результаты испытаний дали основание кафедре, Луганскому тепловозостроительному заводу и ВНИТИ выйти с предложениями относительно оборудования пневматическим рессорным подвешиванием тепловозов и других серий. Следствием этого явилась постройка целой группы тепловозов, у которых металлическое рессорное подвешивание было заменено на пневматическое. К 1977 году на железные дороги страны были переданы для проведения длительных эксплуатационных испытаний 11 тепловозов следующих серий: ТЭ7 (рук. работ В. Закорецкий), 2ТЭ10Л (Луганский тепловозостроительный завод, рук. работ А. Алексеев), 2ТЭ116 (Луганский тепловозостроительный завод, рук. работ В. Маслиев), ТГМЗ и

ТГ16 (Людиновский тепловозостроительный завод, рук. работ Е. Дмитриев), ТЭМ7 - 10 секций для Ю. Сахалина (Людиновский тепловозостроительный завод, рук. работ А. Кудин), ТУ7 (Камбарский тепловозостроительный завод, рук. работ В. Адашевский).

На первых конструкциях пневморессор применялись гибкие оболочки «баллонного» типа, производство которых уже было налажено, но которые имели ряд недостатков. В частности, они не обеспечивали необходимых поперечных и угловых деформаций при боковых отходах и поворотах тележек относительно рамы кузова тепловоза.

Когда промышленность освоила производство «диафрагменных» оболочек, появилась возможность с их помощью решить не только проблемы вертикальных колебаний кузовов тепловозов, но и горизонтальных колебаний.

Диафрагменная пневморессора вместе с оригинальной шариковой опорой была разработана совместными усилиями ученых и конструкторов ВНИТИ, Луганского тепловозостроительного завода и кафедры «Локомотивостроения». В работах по проектированию, оборудованию и испытаниям опытного тепловоза 2ТЭ116–118 с диафрагменными пневморессорами, установленными во второй (центральной ступени) рессорного подвешивания принимали участие С. М. Голубятников, Н. А. Лобачев, В. В. Науменко, Ю. В. Аведиков, Е. Н. Дмитриев, А. Н. Рубан и др. специалисты (всего более 30 чел.).

Научное обоснование и сопровождение всей работы осуществляла творческая группа кафедры с участием и под руководством проф. С.М. Куценко, которая разработала и исследовала с помощью ЭВМ (доц. Э. Елбаев, аспиранты Н. Лобачев, В. Кирпичников, Г. Чернобай, В. Адашевский и др.) обширные математические модели с охватом не только динамических, но и газо – термо - динамических, массо - обменных и дроссельных физических процессов, которые происходят в системе пневмоподвешивания при деформациях пневморессор, возникающих при движении тепловоза по рельсовому пути с неровностями.

По результатам путевых динамических испытаний этого тепловоза отмечено, что при конструкционной скорости движения разработанная система вторичного рессорного подвешивания обеспечила снижение ускорений в кузове и коэффициентов вертикальной динамики почти в два раза по сравнению с серийным тепловозом 2ТЭ116 и тепловозом ТЭП75-0001. Горизонтальные ускорения в кузове тепловоза также были меньше на 15-20%.

У специалистов нет единого мнения о том, в какой ступени рессорного подвешивания лучше устанавливать пневморессоры: в буксовой (первичной) или в центральной (вторичной)?

Это связано с тем, что при установке относительно «мягких» пневморессор во вторичной ступени вместо металлических пружин уменьшается коэффициент использования сцепной массы тепловоза.

Специальные конструктивные мероприятия, которые могут ликвидировать этот серьезный недостаток, усложняют и удорожают тепловоз.

Если же установить в буксовую ступень пневморессоры, то коэффициент использования сцепной массы тепловозом не только не уменьшается, а наоборот, значительно возрастает. Это связано с тем, что пневморессоры одной стороны тележки, объединенные воздушным трубопроводом, образуют сбалансированную по воздуху, практически безинерционную рессору, которая обеспечивает равенство нагрузок, передаваемых от всех колес этой стороны тележки на рельсы. Это существенно улучшает тяговые качества тепловоза, что особенно важно для грузовых тепловозов.

Для поиска истины в этом научном споре системой пневматического рессорного подвешивания в буксовой ступени были оборудованы тепловозы 2ТЭ10Л №635 и 2ТЭ116 № 184. При этом пришлось решить ряд технических задач. Первая из них связана с обеспечением безопасного движения тепловозов (по вползанию гребней на рельсы в кривых участках пути) тогда, когда в пневморессорах по какой либо причине отсутствует сжатый воздух. Эта задача была решена путем установки под пневморессоры винтовых пружин, рассчитанный статический прогиб которых обеспечивал бы безопасность движения тепловоза. После этого возникла задача обеспечения сохранности геометрии гибкой оболочки при деформациях, т.к. опора ее на пружину создавала предпосылки для потери устойчивости и геометрии.

Усилиями доц. В. Маслиева и ст. инженера А. Алексева эти задачи удалось оперативно решить

Сравнение тепловозов с этими двумя типами пневматического рессорного подвешивания подтвердило теоретические прогнозы. У тепловозов с пневморессорами в буксовой ступени отмечен меньшая склонность к буксованию колес при трогании с места и реализации предельных значений силы тяги по сцеплению колес с рельсами. Отсюда получается логичное объяснение заметное (почти в два раза) снижение износа колес тепловозов по кругам катания.

В газете «ГУДОК» №194 за 20 августа 1974г. опубликована статья, где сообщается об оценке локомотивными бригадами работы тепловоза 2ТЭ10Л № 635, оборудованного пневматическим рессорным подвешиванием, который проходил эксплуатационные испытания и был приписан в локомотивном депо «Основа». Отмечается, что резко снизилась вибрация кузова, уменьшились частоты его колебаний, исчезли резкие толчки, возникающие при взаимодействии экипажа и пути. «Ход тепловоза стал плавным, почти бесшумным. В процессе эксплуатации замечено, что трогание тепловоза с места осуществляется легче, повысилось ускорение, буксования нет, а коэффициент сцепления как бы улучшился и сила тяги увеличилась». Опыт эксплуатации показывает, что на таком тепловозе расход песка сократился на 50-80% и за 12ч. Работы можно сэкономить 40-50 кг. дизельного топлива.

Выводы. Несмотря на значительные успехи практического применения пневматического рессорного подвешивания, оно не получило дальнейшего применения на отечественных тепловозах. Причин здесь много, но они носят в основном узковедомственный характер.

В настоящее время на кафедре проведены научно - исследовательские и опытно- конструкторские работы с ОАО ХК «Лугансктепловоз» по созданию пневматического рессорного подвешивания для дизель-электropоездов. Создана оригинальная пневморессора, у которой гибкая диафрагменная оболочка изготовлена из прочных современных полимерных материалов, создан «дискретный» регулятор положения кузова на основе микропроцессоров. Эти важнейшие элементы системы пневмоподвешивания прошли всесторонние стендовые испытания и ожидают своего часа, когда они будут востребованы для установки на перспективные тепловозы и дизель-электropоезда.

Список литературы: 1. Пневматическое рессорное подвешивание тепловозов / Куценко С. М., Елбаев Э. П., Кирпичников В. Г., Маслиев В. Г., Рубан А. Н. / Под ред. С. М. Куценко. – Харьков: Вища школа, 1978. – 97 с.

Поступила в редколлегию 30.04.2013

УДК 625.282

К 50-летию создания первого отечественного тепловоза на пневматическом рессорном подвешивании / В. Г. Маслиев // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Транспортне машинобудування. – Х. : НТУ «ХПІ», 2013. – № 32 (1005). – С. 60–66. – Бібліогр.: 1 назв.

У статті наведено основні етапи науково-дослідних, проектно-конструкторських робіт, практичної реалізації пневматичного рессорного підвішування на тепловозах, а також деякі результати динамічних і експлуатаційних випробувань.

Ключові слова: тепловоз, пневматична ресора, статичний прогин, динамічні показники.

Presents the main stages of scientific-research, design works, the practical realization of pneumatic hanging on diesel locomotives, as well as some results of dynamic testing and performance testing

Key words: diesel locomotive, air spring, static compression and dynamic indicator