

Секція 5

АВТОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ

Пучков А.И., старший преподаватель кафедры автомобилей и автомобильного хозяйства, **Литвин П.В.,** старший преподаватель кафедры автомобилей и автомобильного хозяйства, **Горовец Р.В.,** студент группы АМГ-13-2с
(Государственное ВУЗ «Национальный горный университет», г. Днепрпетровск, Украина)

СТЕНД ДЛЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ ТОРМОЗНЫХ СИСТЕМ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Актуальность темы. Любая техническая жидкость в автомобиле требует замены. Разная периодичность замены обусловлена функциями технической жидкости. Периодичность замены тормозной жидкости каждый автопроизводитель указывает, как правило в сервисной книжке по автомобилю.

Но мало кто придает этому внимания, многие водители не придерживаются этого срока. Вместо полной замены тормозной жидкости ездят «на доливе». Тем самым подвергая опасности себя и других людей.

Постановка проблемы. Расчет стенда выполнен в соответствии с учебной программой по дисциплине «Основы технологий производства и ремонта автомобилей» для студентов специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство».

Цель работы. Разработка устройства для заправки, замены тормозной жидкости на легковых автомобилях, с помощью которого уменьшаем ручной труд.

Основной материал. В сервисной книжке есть такая запись: тормозную жидкость нужно заменять каждые два года. Между тем многие водители не придерживаются этого срока. Вместо полной замены тормозной жидкости ездят на «доливе», хотя все производители автомобилей четко регламентируют сроки ее полной замены. Для большинства машин массовых классов эти сроки укладываются в диапазон 40-60 тыс. км пробега или 2-3 год.

Тормозная жидкость работает в очень тяжелых условиях. Даже при городском вождении она нагревается до +150°C. Если же нагрузки особо высоки (езда с прицепом, горная дорога, агрессивный стиль вождения и т.п.), то температура тормозной жидкости может достигать +180°C, а при остановке машины кратковременно подскакивать до +200°C.

Конечно, тормозные жидкости рассчитаны на такие нагрузки: их заявленные температуры кипения составляют +205...+265°C в зависимости от конкретной марки. Но в процессе работы тормозная жидкость неизбежно поглощает влагу, и температура кипения понижается. Например, если в течение года тормозная жидкость наберет 2-3% воды, то температура ее кипения снизится на 30-50°C, то есть она может закипать при 145-160°C.

Это абсолютно недопустимо. Происходит так называемая паровая блокировка тормозов: из-за резкого расширения образовавшихся пузырьков часть жидкости выдавливается в резервный бачок, при нажатии педали оставшаяся внизу жидкость не создает нужного давления (она насыщена пузырями), и педаль проваливается.

Выводы. Безотказность тормозной системы - важнейшее условие безопасности управления автомобилем, поэтому к тормозным жидкостям предъявляются весьма жесткие требования. Но их свойства неизбежно ухудшаются в процессе эксплуатации, что требует полной замены с периодичностью, предусмотренной производителем.

На основании этого, разработана стенд для прокачки тормозной системы. Представлен эскизный проект. Установка для прокачки, заправки тормозной системы, значительно сокращает долю ручного труда, а также сокращает время выполнения работы при прокачке или заправки тормозной системы.

КАЧЕСТВО ОХЛАЖДАЮЩИХ ЖИДКОСТЕЙ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА РАБОТУ ДВИГАТЕЛЕЙ АВТОМОБИЛЯ

Актуальность темы. Интенсивное развитие автомобильной промышленности приводит к конструктивным изменениям и увеличению технических характеристик автомобилей. Работа двигателя современного автомобиля невозможна без использования охлаждающих жидкостей, так как температура газов в камере сгорания достигает 2500 °С, а детали нагреваются до 50...200 °С. Через систему охлаждения отводится 25...30 % теплоты, выделяющейся при сгорании топлива. В Украине сегодня предлагается большое разнообразие охлаждающих жидкостей, однако их качество не всегда соответствует требованиям стандартов. Поэтому, проблема оценки качества охлаждающих жидкостей и их влияние на надежную работу двигателей является важной и актуальной.

Цель работы. Выбор и обоснование торговых марок качественных охлаждающих жидкостей, представленных на рынке Украины.

Связь работы с программами, планами, темами кафедры автомобилей и автомобильного хозяйства. Работа выполнена в соответствии с учебной программой подготовки бакалавров по направлению подготовки «Автомобильный транспорт».

Основной материал. Качество охлаждающих жидкостей влияет на надежность работы двигателя автомобиля и долговечность его деталей. Поэтому к охлаждающим жидкостям стандарты предъявляют целый ряд требований – высокая температура кипения, низкая температура замерзания, высокие теплоемкость и теплопроводность, высокие физическая и химическая стабильность, коррозионная пассивность, вязкость, отсутствие образования накипи, низкая стоимость и недефицитность, нетоксичность и пожаробезопасность.

В зимнем сезоне 2013-2014 года немецкая компания «PIR-Privates Institute Produktbegutachtung» провела независимое исследование качества низкотемпературных охлаждающих жидкостей, наиболее широко представленных на рынке Украины. Оценка качества охлаждающих жидкостей проводилась по температурным параметрам (температура кипения, температура замерзания) и водородному показателю.

Были исследованы 20 торговых марок охлаждающих жидкостей, которые условно разбиты на две группы: к первой группе отнесены продукты, производящие впечатление качественных, выпускаются в оригинальной индивидуальной упаковке, а ко второй группе – продукты эконом-сегмента.

В первой группе не соответствовали заявленным параметрам антифризы: Antifreeze GROM-EX, NORDIKA, TRIOL ТД «МФК», «Аляска», «Делфин Индастри», GROM-EX.

Во второй группе не соответствовали требованиям: А-40М, NORD, «МЕТЕЛИЦА», «ТАЙФУН-40», «ГОСТ-40», COOL EX-40, NordWay-40 ТД «МФК».

Выводы. По результатам независимого исследования соответствует требованиям стандартов качество охлаждающих жидкостей производства «ТОСОЛ-СИНТЕЗ-ИНВЕСТ» и Черкасский завод автохимии.

При выборе охлаждающей жидкости необходимо обращать внимание на упаковку, на которой обязательно должны быть описаны назначение продукта, условия его эксплуатации, указаны координаты производителя, дата производства, номер партии.

АНАЛИЗ ЭРГОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АВТОДОМОВ: КЕМПЕР И КАРАВАН

Желание человека быть свободным во всем привело к появлению нового вида жилья – домов на колесах. Первые туристические автофургоны появились еще более полвека назад, когда автомобиль стал доступный любому желающему. Такие автодома на колесах получили название кемпер. Автодом (кемпер, дом на колесах, караван) представляет собой фургон, оборудованный под полноценное жилое помещение.

Существует несколько типов такого «жилого транспорта» с различной планировкой и функциональностью:

1) Автодома встроенного типа:

- Альковные. Основной отличительной особенностью данного типа автодома является характерная надстройка над кабиной автомобиля – «альков», в котором размещается дополнительная двуспальная кровать. Жилой модуль таких автодомов, надстраивается на автомобильное шасси со стандартной кабиной. Вся конструкция жилого модуля, его стены, пол и крыша делается на заводе-производителе из специальных сэндвич панелей, благодаря чему улучшается теплоизоляция автодома. Жилой модуль альковного автодома делается значительно шире стандартного микроавтобуса, за счет чего увеличивается внутреннее пространство автодома.

- Полуинтегрированные. Такие автодома похожи на что альковный автодом, но только над кабиной вместо двуспальной кровати, располагаются небольшие навесные ящики. У такого автодома разделены жилой модуль и стандартная кабину. Жилой модуль изготавливается из сэндвич панелей и надстраивается на раму со стандартной кабиной автомобиля. Визуально объединяет их в единое целое – обтекатель, установленный на крыше кабины.

- Интегрированные. Для постройки интегрированного автодома от стандартного автомобиля используется только двигатель, трансмиссия и шасси. Кабина же имеет эксклюзивный дизайн и полностью интегрирована в жилое пространство автодома. Снаружи это – общий гармоничный силуэт, а внутри - сообщающееся пространство.

- Жилые минивены. Внешне это жилые микроавтобусы с высокой крышей. Жилое пространство оборудовано мебелью и всей необходимой встраиваемой техникой как в обычном автодоме.

- Кемпингбусы. Это самый простой и экономичный тип автодома – минимум бытового оборудования, помещенный в салон серийного микроавтобуса или фургона.

2) Автодома автономного типа:

- Караван. Это жилой вагончик-прицеп. Как по размеру, так и по классу комфорта и уровню отделки они варьируются в очень широком диапазоне, включая класс «люкс».

- Прицеп – палатка. Это компактный и маневренный автодом, представляющий собой небольшой трейлер, в котором буксируется жилая часть в сложенном состоянии.

Проводя анализ эргономических показателей автодомов можно сделать следующие выводы:

- Альковные автодома.

Недостатки:

- большая высота автодома приводит к плохой аэродинамике;

- большая парусность из-за большой боковой поверхности и высокого центра тяжести.

Преимущества:

- большое количество планировок;

- независимо от планировки, имеется комфортное двуспальное место над кабиной.

Применение:

- путешествия компанией от четырех до семи человек;
- путешествие большой семьей с детьми;
- использование в качестве мобильного офиса или поездок с водителем.
- Интегрированные автодома.

Недостатки:

- достаточно высокая цена;
- на самом распространенном шасси Fiat Ducato, как правило, уменьшенный клиренс передней части автодома за счет пластикового обвеса по периметру автодома. На шасси Iveco и MB такой проблемы нет, в связи с конструктивными особенностями шасси.

Преимущества:

- хорошие ходовые и скоростные характеристики при меньших затратах топлива, за счет обтекаемой формы кузова и хороших аэродинамических характеристик;
- великолепный обзор за счет панорамного лобового стекла и бокового остекления;
- максимальное пространство жилой зоны за счет кабины интегрированной в салон;
- хорошая теплоизоляция салона, за счет специально изготовленной кабины;
- большое количество моделей с серьезной зимней подготовкой, двойными полами и жидкостным отоплением.

Применение:

- семейный отдых для двоих - пятерых членов семьи;
- использование в качестве мобильного офиса, поездок на удаленные объекты.
- Полуинтегрированные автодома.

Недостатки:

- малая пассажироместимость (2-4 спальных места и 2-4 места оборудованных ремнями безопасности).

Преимущества:

- хорошие ходовые и скоростные характеристики при меньших затратах топлива, за счет меньших габаритов и как следствия лучших аэродинамических характеристик;
- достаточно большой выбор планировок;
- есть модели с серьезной зимней подготовкой.

Применение:

- семейный отдых или отдых небольшой компанией для двоих - четверых человек;
- как мобильный офис, за счет большой столовой группы с интегрированными передними сиденьями.
- Жилые минивены

Недостатки:

- достаточно тесные внутри, из-за небольших габаритов;
- рассчитаны на двух человек;
- плохая теплоизоляция стен;
- не имеют зимней подготовки, конструктивно не возможно выполнить двойные полы.

Преимущества:

- небольшие габариты делают его более маневренным и более простым в управлении;
- внешне не отличается от обычного микроавтобуса, что позволяет использовать его как средство для путешествий и для ежедневного использования.

Применение:

- семейные путешествия или отдых небольшой компанией;
- деловые поездки по ближайшим регионам;
- как универсальное транспортное средство.

НАНОТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ

Актуальность темы. Надежность и долговечность деталей машин зависит от качества их поверхности. Традиционными подходами к формированию качества поверхности детали являются уменьшение шероховатости поверхности и увеличение ее твердости такими технологическими операциями как шлифование, хонингование, суперфиниширование. Принципиально новым подходом к повышению качества поверхностей является использование нанотехнологий, которые позволяют формировать на поверхности детали наноструктуры малой толщины (до нескольких атомных слоев).

Учебные планы подготовки специалистов предусматривают изучение традиционных технологий, а вопросам современных нанотехнологий уделяется недостаточное внимание. Поэтому изучение проблемы формирования поверхностей деталей автомобилей путем применения нанотехнологий является важным и актуальным не только с точки зрения учебного процесса, но и как метод формирования современного технологического мировоззрения молодых специалистов.

Цель работы. Аналитический обзор современных нанотехнологий формирования полифункциональных покрытий поверхностей деталей с заданными прочностными, трибологическими и антикоррозионными свойствами.

Связь работы с программами, планами, темами кафедры автомобилей и автомобильного хозяйства. Работа выполнена в соответствии с учебной программой подготовки специалистов по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство».

Основной материал. Нанотехнологии формирования поверхностей деталей машин можно разделить на две группы – нанотехнологии, основанные на физических процессах, и нанотехнологии, основанные на химических процессах. Наиболее перспективными являются ионно-вакуумные технологии нанесения нанопокровов – PVD и CVD технологии (PVD-метод – Physical Vapor Deposition – физическое распыление с осаждением и CVD-метод – Chemical Vapor Deposition – химическое газофазное осаждение). Полученные ионно-вакуумными технологиями нанослои обладают высокой адгезией, а размер кристаллитов в пленках составляет 1...3 нм. Данные нанотехнологии позволяют получать широкую гамму монослойных, многослойных и композиционных покрытий на базе нитридных, карбидных, карбонитридных соединений тугоплавких металлов Ti, Zr, Hf. CVD-метод модифицирования армирующих волокон элементоорганическими соединениями перспективен для изготовления подшипников скольжения из композиционных материалов на основе термопластов, армированных искусственными неорганическими нановолокнами. Интенсивно развиваются технологии лазерного легирования (лазерной имплантации). Нанолегирование может проводиться как за счет предварительного нанесения тонкой пленки легирующего вещества на поверхность обрабатываемого материала, так и за счет инъекции наночастиц порошка в струе газа в зону воздействия лазерного излучения.

Выводы: Рассмотрены особенности формирования поверхностей деталей ионно-вакуумными технологиями и лазерным легированием (лазерной имплантацией).

Материалы работы могут быть использованы студентами при изучении дисциплины «Ресурсосберегающие технологии при проведении ремонта».

УДК 62-774.3

Соболь А. С., студент группы АМГ-13-1с, Олишевская В. Е., к. т. н., доцент,
Федоскин В. А., к. т. н., доцент

Государственное ВУЗ «Национальный горный университет», г. Днепрпетровск,
Украина

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ СМОТРОВОЙ КАНАВЫ НАУЧНО- КОНСУЛЬТАЦИОННОГО АВТОТРАНСПОРТНОГО ЦЕНТРА ГОСУДАРСТВЕННОГО ВУЗ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Актуальность темы. Современный автомобиль должен обеспечивать устойчивость, легкую управляемость и безопасность движения. Одним из факторов, оказывающим существенное влияние на параметры движения автомобиля, является регулировка углов управляемых колес. Кроме того, регулировка углов управляемых колес влияет на износ шин, длительность и безаварийность эксплуатации автомобиля. Поэтому, тема работы является важной и актуальной.

Цель работы. Разработка рабочей документации установки для регулировки углов управляемых колес легковых автомобилей, выполненной по заказу научно-исследовательского центра кафедры автомобилей и автомобильного хозяйства Государственного ВУЗ «Национальный горный университет».

Связь работы с программами, планами, темами кафедры автомобилей и автомобильного хозяйства. Работа выполнена в соответствии с учебной программой подготовки специалистов по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство».

Основной материал. Спроектированная установка предназначена для регулирования углов управляемых колес при выполнении технического обслуживания и текущего ремонта легковых автомобилей. В работе проведен анализ конструкций смотровых канав, а также выбор минимальной и максимальной колеи и базы легковых автомобилей для определения габаритов путей.

Установка проектировалась с учетом особенностей смотровой канавы, имеющей низкую несущую способность стен и вероятность подвижки грунтов, что потребовало усиления существующей конструкции. Было предложено решение установки опорных поверхностей с возможностью регулировки высот в процессе монтажа и выведения их перепада до нулевых значений. В силу отсутствия конструкторской документации смотровой канавы, был выполнен ее эскизный проект, послуживший основой для разработки рабочих чертежей реконструируемой смотровой канавы с размещением в ней оборудования для регулировки углов управляемых колес.

В процессе выполнения работ под обслуживающим автомобилем будет находиться технический персонал, поэтому особое внимание было уделено прочностным расчетам поперечной балки: платформы для регулировки углов управляемых колес, платформы под поворотные круги и путей под траверсу. Проведенные расчеты показали выполнение условий прочности. Спроектированная установка позволяет повысить эффективность использования существующих смотровых канав, сократить долю ручного труда, уменьшить себестоимость работ при сохранении высокого качества работ.

Выводы. В работе представлена установка для регулирования углов управляемых колес легковых автомобилей, которая позволяет качественно выполнять техническое обслуживание и текущий ремонт с минимальными экономическими затратами. Рабочий проект установки рассмотрен и утвержден на научно-техническом семинаре кафедры автомобилей и автомобильного хозяйства. Начало практической реализации проекта запланировано на июнь 2014 года. Разработанная установка может применяться на станциях технического обслуживания легковых автомобилей.

КРИОГЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДРОБЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН

Актуальность темы. Сегодня мировые запасы изношенных автомобильных шин оцениваются в 25 миллионов тонн при ежегодном приросте не менее 7 миллионов тонн. На европейские страны приходится около 2 миллионов тонн изношенных шин. В Украине ежегодно подлежит утилизации более 230 тысяч тонн крупно- и сверхкрупногабаритных шин. В г. Днепропетровске количество утилизируемых шин составляет более 7000 тонн в год, а по области – свыше 10000 тонн в год. При этом только 23 % изношенных шин перерабатываются, а 77 % изношенных шин складываются или выбрасываются в отвалы, занимая полезные площади и создавая угрозу окружающей среде. Огромное количество изношенных шин является источником длительного и устойчивого биохимического загрязнения окружающей среды и создает опасность возникновения пожаров. Поэтому утилизация изношенных автомобильных шин является актуальной и важной проблемой, требующей комплексного решения.

Цель работы. Разработка проекта криогенной технологии измельчения изношенных автомобильных шин.

Связь работы с программами, планами, темами кафедры автомобилей и автомобильного хозяйства. Работа выполнена в соответствии с учебной программой подготовки специалистов по специальности “Автомобили и автомобильное хозяйство”.

Основной материал. В работе предложен проект криогенной технологии переработки изношенных шин, предназначенной для получения конкурентоспособного, экологически чистого продукта.

Маркетинговые исследования показали, что в г. Днепропетровске отсутствуют предприятия по переработке изношенных шин в резиновую крошку. При этом существует много потенциальных потребителей резиновой крошки: предприятия по производству автомобильных шин, резинотехнических изделий, изделий строительной индустрии (рулонные материалы, кровля, шумоизоляционные мастики и панели), лакокрасочных материалов, плит для покрытия спортивных сооружений, бассейнов, помещений.

Сравнительный анализ наиболее перспективных тепловых и криогенных технологий переработки шин показал, что криогенные технологии измельчения шин при незначительном снижении рентабельности производства без учета государственных дотаций (17 % против 22 % рентабельности каскадного измельчения при положительных температурах) обеспечивают более высокие производительность технологического процесса и качество получаемой продукции.

Выбор технологической схемы производства осуществлялся на основе следующих критериев: суммарной установленной мощности оборудования, входящего в технологическую линию; расхода жидкого азота на единицу массы исходного материала; номенклатуры и стоимости необходимого оборудования.

Технологический процесс криогенного измельчения шин включает разделку шин до кусков размером 70x70 мм при температуре окружающей среды с последующим их охлаждением в среде жидкого азота и измельчение резины в охрупченном состоянии до получения резиновой крошки с размером фракций не более 0,5 мм.

В работе дана техническая характеристика технологического процесса криогенного измельчения шин, включающая следующие показатели:

производительность, установленную мощность, площадь производственных помещений, удельный расход жидкого азота, стоимость основного технологического оборудования.

Разработанный перечень необходимого оборудования включает: борторезательный станок; дробилку ножевую; валковую; щековую ударно-вибрационную; установку криоизмельчения; магнитный сепарационный комплекс; пневмосепарационный комплекс (с блоком рукавных фильтров); грохот барабанный; бункер-накопитель с ворошителем и тарельчатым разгрузчиком емкостью 4 м³; конвейеры; отоплитель ТИРП; мешкозашивочную машину.

При выборе месторасположения объекта учитывались, что предприятие должно размещаться в промышленной зоне и иметь подъездные пути для доставки грузов по железной дороге и автотранспортом, а также иметь возможность подключения к сетям электроснабжения, водоснабжения и канализации, теплоснабжения и средств связи.

Для работы предприятия необходимо выполнить следующие мероприятия: закупку и монтаж промышленного здания, шеф-монтажные и пусконаладочные работы, закупку транспортных емкостей и емкостей хранения жидкого азота, закупку и монтаж складского ангара готовой продукции и навеса с оградой для изношенных шин.

Для обеспечения безопасной и законной деятельности необходимо получение всех требуемых лицензий, разрешений и согласований, страхование имущества предприятия от технических и финансовых рисков. Ориентировочные затраты, связанные с вышеперечисленными требованиями, включают оплату лицензий и разрешений, страхование имущества, производственных помещений и т. д., заработную плату, непредвиденные расходы, командировочные расходы, расходы на оргтехнику и канцтовары.

При выполнении криогенного измельчения изношенных шин наибольшую опасность представляют следующие виды рисков: уничтожение, повреждение технологического оборудования, производственного помещения вследствие аварии, стихийного бедствия, противозаконных действий третьих лиц; ошибки в подборе кадров; ошибки в области маркетинга; недооценка технического прогресса и действий конкурентов; инфляционные процессы. В работе предложен комплекс мероприятий, направленных на снижение перечисленных рисков и на компенсации от возможных потерь.

В результате криогенного измельчения изношенных шин предполагается получение товарной продукции:

- 77, 2 % резиновой крошки с размером фракции не более 0,5 мм,
- 13,2 % дробленого тканевого корда (капронового и вискозного),
- 9,6 % дробленого металлокорда (латунированной проволоки).

Результаты расчетов экономической эффективности проекта показали, что срок окупаемости инвестиционных затрат составляет 1,17 года.

Выводы. Предложен проект криогенной технологии дробления автомобильных изношенных шин, который позволяет осуществлять производственную деятельность, направленную на получение конкурентоспособной продукции, имеющей спрос как на внутреннем, так и на внешнем рынке.

Криогенная технология измельчения изношенных шин позволяет перерабатывать ценное вторичное сырье, содержащее каучук, текстильные волокна и стальную латунированную проволоку.

Данная технология помогает решать экологическую проблему защиты окружающей среды от загрязнения изношенными шинами.

Материалы работы могут быть использованы студентами при изучении дисциплины «Ресурсосберегающие технологии при проведении ремонта».

О ВЛИЯНИИ ВАРИАНТА СБОРКИ МЕХАНИЗМА НА ЕГО КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

Основной и самой сложной задачей кинематического анализа механизма является определение положения звеньев. При использовании аналитических методов исследования обычно записывают уравнения геометрических связей между звеньями. Эти уравнения, как правило, имеют не единственное решение, что обусловлено наличием у механизмов нескольких вариантов сборки. Например, шарнирный четырехзвенник имеет верхнюю и нижнюю сборку (рис. 1).

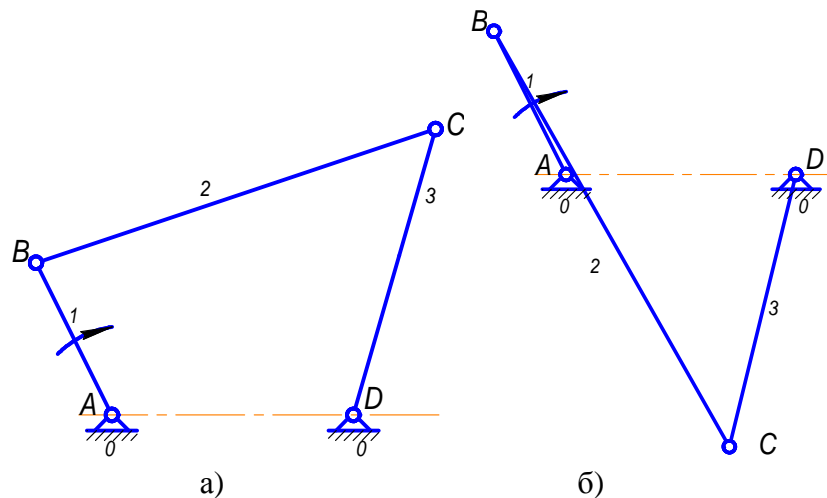


Рисунок 1 – Кинематические схемы аксиального шарнирного четырехзвенника:
 а) верхняя сборка; б) нижняя сборка

Для механизмов более высоких классов число вариантов сборок увеличивается. Так, для механизмов, содержащих группы третьего класса, максимальное число сборок равно 6 [1].

Кинематические параметры механизма определяются его функцией положения. Задачей исследования является определение функций положения двух вариантов сборок механизма второго класса и зависимости между ними на примере шарнирного четырехзвенника. Направление вращения кривошипа принято неизменным. Входным звеном является кривошип АВ, угловая координата которого – независимая переменная. В качестве выходного параметра принята угловая координата коромысла CD.

Исследование проводилось на основе метода замкнутого векторного контура [2] с использованием аппарата векторной алгебры с помощью программного продукта MathCAD [3].

В качестве начального, принято положение механизма, соответствующее крайнему правому положению коромысла CD. Из уравнения замкнутости для контура ABCD с помощью решающего блока Given-Find определены величины углов φ_2 и φ_3 .

Найдены значения φ_3 и φ_1 для восьми положений кривошипа. При помощи кубической сплайн-интерполяции получены два варианта функции положения, которые представлены на рисунке 2.

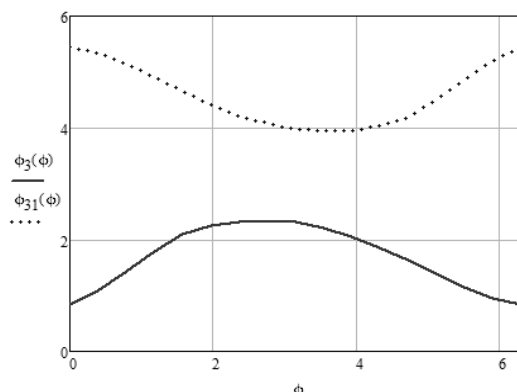


Рисунок 2 – Функции положения двух сборок механизма (сплошная линия – верхняя сборка; пунктирная линия – нижняя сборка)

Из графика видно, что величина выходного параметра φ_3 для верхней сборки вначале увеличивается, затем идет на спад. В случае второй сборки величина этого параметра сначала уменьшается, а потом увеличивается. Из анализа полученных функций положения несложно заметить, что между ними существует определенная зависимость, которую можно получить путем несложных преобразований. Для этого необходимо выполнить смещение абсциссы на величину $-\varphi + 2\pi$ и смещение ординаты на величину $-\varphi_{31}(\varphi) + 2\pi$. Например, выразим функцию положения нижней сборки через верхнюю (рис. 3).

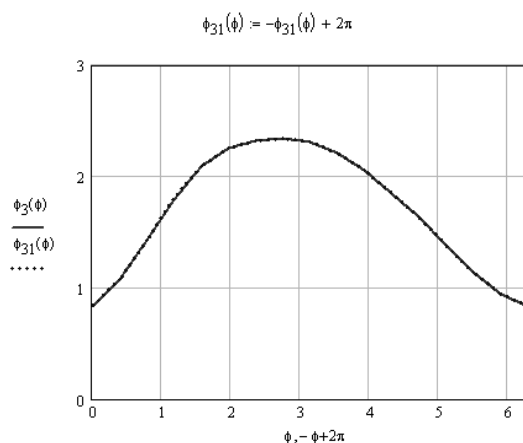


Рисунок 3 – Функции положения нижней сборки механизма, выраженной через верхнюю сборку

В результате исследования показано, что определение функции положения одной из сборок шарнирного четырехзвенника, дает возможность получить функцию положения второй сборки без ее прямого нахождения. Интерес представляет поиск аналогичных зависимостей для вариантов сборок более высоких классов.

Список литературы

1. Пейсах Э.Е. Определение положений звеньев трехповодковой и двухповодковой четырехзвенных групп Ассур с вращательными парами. – Машиноведение. 1985. № 5.
2. Зиновьев В.А. Курс теории механизмов и машин. – М.: Наука, 1975. -204с.
3. Зиборов К.А., Мацюк И.Н., Шляхов Э.М. Решение векторных уравнений кинематики механизмов с помощью программы MathCad. // Теория механизмов и машин. – 2008. – № 1. – Том 6. – С. 64-70.

Мацюк И.Н., к.т.н., доцент, Головинская Е.М. студентка гр. ИМмм-12-1
(Государственный ВУЗ “Национальный горный университет”)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММЫ MATHCAD ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ КИНЕМАТИКИ В КУРСОВОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПО ТЕОРИИ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

В курсовом проекте на тему «Анализ и синтез механизмов поперечно-строгального станка» исследование кинематики выполнено на ПК с помощью программного продукта Mathcad аналитическим методом с помощью аппарата векторной алгебры, изложенным в [1, 2].

Его эффективное использование основано на замене стержневых звеньев соответствующими векторами.

Векторное представление звеньев позволяет составлять векторные уравнения кинематики, которые можно решать численно с помощью блока «Given-Find».

Схема рычажного механизма поперечно-строгального станка представлена на (рис. 1). Даны геометрические размеры звеньев в метрах: $l_1 = l_{OA} = 0,1$, $l_0 = l_{OB} = 0,27$, $l_3 = l_{BC} = 0,49$, $l_4 = l_{CD} = 0,2$, $h_1 = 0,1$, $h_2 = 0,2$ и угловая скорость кривошипа $\omega_1 = 7,854 \text{ с}^{-1}$. Необходимо определить положения, скорости и ускорения звеньев.

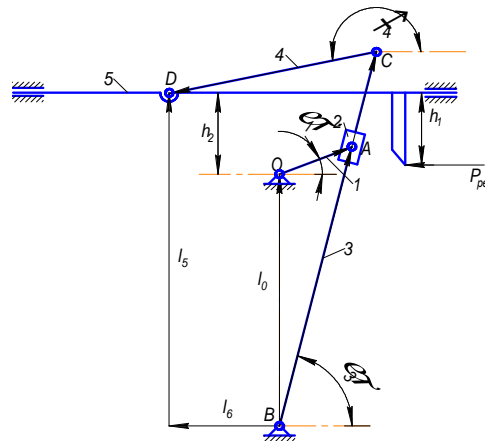


Рисунок 1 – Схема поперечно-строгального станка

Покажем фрагмент документа Mathcad, содержащий блок определения положения звеньев при заданном положении кривошипа.

$$\begin{aligned} & \phi_3 := 1 \quad \phi_4 := 3 \quad l_{31} := 0.3 \quad l_6 := 0.1 \quad \text{Given} \\ & \begin{pmatrix} l_1 \cdot \cos(\phi_1) \\ l_1 \cdot \sin(\phi_1) \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ l_0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} l_{31} \cdot \cos(\phi_3) \\ l_{31} \cdot \sin(\phi_3) \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} l_3 \cdot \cos(\phi_3) \\ l_3 \cdot \sin(\phi_3) \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} l_4 \cdot \cos(\phi_4) \\ l_4 \cdot \sin(\phi_4) \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} l_6 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ l_5 \\ 0 \end{pmatrix} \\ & (\phi_3 \quad \phi_4 \quad l_{31} \quad l_6) := \text{Find}(\phi_3 \quad \phi_4 \quad l_{31} \quad l_6) \\ & \phi_3 = 101.811 \text{deg} \quad \phi_4 = 182.758 \text{deg} \quad l_{31} = 0.181 \quad l_6 = -0.3 \end{aligned}$$

Теперь все звенья можно представить векторами.

$$l_1 := \begin{pmatrix} l_1 \cdot \cos(\phi_1) \\ l_1 \cdot \sin(\phi_1) \\ 0 \end{pmatrix} \quad l_3 := \begin{pmatrix} l_3 \cdot \cos(\phi_3) \\ l_3 \cdot \sin(\phi_3) \\ 0 \end{pmatrix} \quad l_4 := \begin{pmatrix} l_4 \cdot \cos(\phi_4) \\ l_4 \cdot \sin(\phi_4) \\ 0 \end{pmatrix} \quad l_{31} := \begin{pmatrix} l_{31} \cdot \cos(\phi_3) \\ l_{31} \cdot \sin(\phi_3) \\ 0 \end{pmatrix} \quad l_0 := \begin{pmatrix} 0 \\ l_0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad l_5 := \begin{pmatrix} 0 \\ l_5 \\ 0 \end{pmatrix} \quad l_6 := \begin{pmatrix} l_6 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad l_6 = \begin{pmatrix} -0.3 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Для определения скоростей запишем уравнения угловых скоростей для двух векторных замкнутых контуров. Из этих уравнений определяются угловые скорости ω_3 , ω_4 , а также относительная скорость V_{A3A1} и скорость ползуна V_D .

$$\begin{aligned} \omega_1 &:= (0 \ 0 \ -\omega_1) \quad \omega_3 := (0 \ 0 \ 1) \quad \omega_4 := (0 \ 0 \ 1) \quad v_{A3A1_0} := 1 \quad v_D := 1 \quad \text{Given} \\ \omega_1^T \times l_1 + v_{A3A1_0} \cdot \begin{pmatrix} 1 & l_{31} \\ 1 & l_{30} \\ 0 \end{pmatrix}^T &= \omega_3^T \times l_{31} \quad \omega_3^T \times l_3 + \omega_4^T \times l_4 = (v_D \ 0 \ 0)^T \\ (\omega_3 \ \omega_4 \ v_{A3A1_0} \ v_D) &:= \text{Find}(\omega_3 \ \omega_4 \ v_{A3A1_0} \ v_D) \quad \omega_3 = (0 \ 0 \ 3.617) \quad \omega_4 = (0 \ 0 \ -1.816) \\ v_{A3A1} &:= v_{A3A1_0} \cdot \begin{pmatrix} 1 & l_{31} \\ 1 & l_{30} \\ 0 \end{pmatrix}^T \quad v_{A3A1}^T = (0.089 \ -0.425 \ 0) \quad v_D := (v_D \ 0 \ 0) \quad v_D = (-1.753 \ 0 \ 0) \end{aligned}$$

Для определения ускорений также запишем два уравнения в которых определяются ε_3 , ε_4 , а также относительное ускорение a_{A3A1r} и ускорения a_D .

$$\begin{aligned} a_{A3A1r_0} &:= 10 \quad \varepsilon_3 := (0 \ 0 \ 1) \quad \varepsilon_4 := (0 \ 0 \ 1) \quad a_D := 2 \quad \text{Given} \\ \omega_1^T \times (\omega_1^T \times l_1) + 2\omega_3^T \times v_{A3A1} + a_{A3A1r_0} \cdot \begin{pmatrix} 1 & l_{31} \\ 1 & l_{30} \\ 0 \end{pmatrix}^T &= \omega_3^T \times (\omega_3^T \times l_{31}) + \varepsilon_3^T \times l_{31} \\ \omega_3^T \times (\omega_3^T \times l_3) + \varepsilon_3^T \times l_3 + \omega_4^T \times (\omega_4^T \times l_4) + \varepsilon_4^T \times l_4 &= (a_D \ 0 \ 0)^T \\ (a_{A3A1r_0} \ \varepsilon_3 \ \varepsilon_4 \ a_D) &:= \text{Find}(a_{A3A1r_0} \ \varepsilon_3 \ \varepsilon_4 \ a_D) \quad a_{A3A1r} := a_{A3A1r_0} \cdot \begin{pmatrix} 1 & l_{31} \\ 1 & l_{30} \\ 0 \end{pmatrix}^T \\ a_{A3A1r}^T &= (1.54 \ -7.35 \ 0) \quad \varepsilon_3 = (0 \ 0 \ -36.2) \quad \varepsilon_4 = (0 \ 0 \ -13.09) \quad a_D := (a_D \ 0 \ 0) \quad a_D = (19.21 \ 0 \ 0) \end{aligned}$$

Располагая этими результатами можно найти скорость и ускорение любой точки механизма. Например, для точки A_3

$$v_{A3} := \omega_3^T \times l_{31} \quad v_{A3}^T = (-0.641 \ -0.134 \ 0) \quad a_{A3} := \omega_3^T \times (\omega_3^T \times l_{31}) + \varepsilon_3^T \times l_{31} \quad a_{A3}^T = (6.895 \ -0.977 \ 0)$$

Задавая различные значения обобщенной координате φ_1 механизма, можно получить полную картину изменения кинематических параметров за один оборот начального звена.

Таким образом, пакет Mathcad позволяет относительно просто исследовать кинематику плоских рычажных механизмов и получать кинематические параметры в естественном для них виде – векторном.

Список литературы

1. Мацюк И.Н., Третьяков В.М., Шляхов Э.М. Аналитическая кинематика плоских рычажных механизмов высоких классов с помощью программы Mathcad. Теория механизмов и машин. – Санкт-Петербург. – 2012. – № 1. Том 10. – С. 65-70.
2. Кінематичне та динамічне дослідження плоских важільних механізмів [Текст]: навч. посібник / І.М. Мацюк, Е.М. Шляхов, К.А. Зіборов. – Д.: Національний гірничий університет, 2010. – 132 с.

Особов А.Ю. студент гр. ИМмм-12-1

(Государственный ВУЗ «Национальный горный университет»)

IT ТЕХНОЛОГИИ В КУРСОВОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПО ТЕОРИИ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

В курсовом проекте на тему: «Анализ и синтез механизмов качающегося конвейера» одной из задач является силовой анализ плоского рычажного механизма.

Длительное время в основе анализа механизмов, как кинематического, так и силового, лежали графические построения.

С развитием компьютерных технологий классические графические и графоаналитические методы утратили актуальность, уступив различным аналитическим методам.

В настоящем проекте представлено решение задачи определения реакций в кинематических парах плоского рычажного механизма качающегося конвейера с помощью программного продукта Mathcad аналитическим методом, изложенным в [1,2].

Векторное представление звеньев рычажного механизма качающегося конвейера представлено на (рис.1)

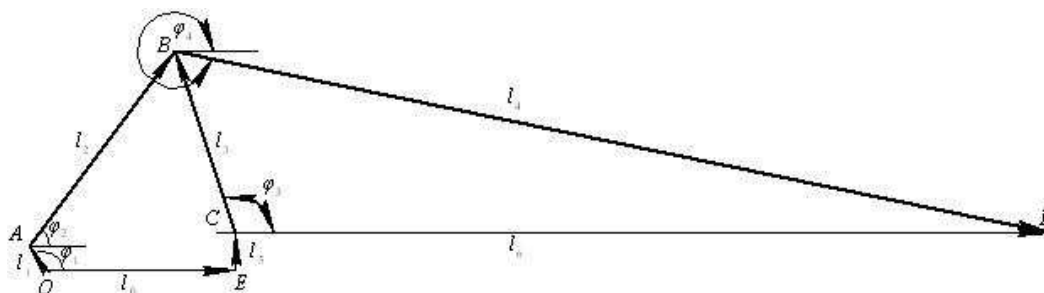


Рис. 1. Векторное представление звеньев механизма качающегося конвейера

Из выполненного ранее кинематического анализа получены следующие результаты, необходимые для решения задачи кинетостатики механизма (длины в м):

- звенья представлены в виде векторов;

$$l_1^T = (0.09 \ 0.008 \ 0) \quad l_2^T = (0.155 \ 0.347 \ 0) \quad l_3^T = (-0.055 \ 0.295 \ 0) \quad l_4^T = (1.369 \ -0.295 \ 0)$$

- определены угловые ускорения звеньев и ускорения центров масс звеньев.

Дополнительными данными для решения задачи силового анализа являются массы звеньев (кг): m_2, m_3, m_4, m_5 и масса перемещаемого материала m_M .

Векторы сил тяжести, сил и моментов сил инерции, приложенных к звеньям и сила полезного сопротивления, на транспортирующем желобе при движении влево: (силы – в Н, моменты сил в Нм):

$$G_2^T = (0 \ -160 \ 0) \quad G_3^T = (0 \ -200 \ 0) \quad G_4^T = (0 \ -800 \ 0) \quad G_5^T = (0 \ -12000 \ 0)$$

$$F_{u2}^T = (55.39 \ 28.02 \ 0) \quad F_{u3}^T = (33.84 \ 31.94 \ 0) \quad F_{u4}^T = (244 \ 127.7 \ 0)$$

$$F_{u5}^T = (3258.86 \ 0 \ 0) \quad P_C^T = (4000 \ 0 \ 0)$$

Для каждого из звеньев запишем по два уравнения равновесия в векторной форме. Первое, как сумму сил, действующих на отдельно взятое звено, второе, как сумму моментов сил, действующих на звено относительно какого-либо центра.

Используем для решения этой задачи блок *Given – Find*.

$$R_{12} := (100 \ 100 \ 0) \quad R_{23} := (100 \ 100 \ 0) \quad R_{03} := (100 \ 100 \ 0) \quad R_{34} := (100 \ 100 \ 0)$$

$$R_{45} := (100 \ 100 \ 0) \quad R_{05_1} := 100 \quad \text{Given}$$

$$R_{12}^T + F_{u2} + G_2 - R_{23}^T = 0 \quad -l_2 \times R_{23}^T + M_{u2} + 0.5l_2 \times (F_{u2} + G_2) = 0$$

$$R_{03}^T + F_{u3} + G_3 + R_{23}^T - R_{34}^T = 0 \quad l_3 \times (R_{23}^T - R_{34}^T) + M_{u3} + 0.5l_3 \times (F_{u3} + G_3) = 0$$

$$R_{34}^T + F_{u4} + G_4 - R_{45}^T = 0 \quad -l_4 \times R_{45}^T + M_{u4} + 0.5l_4 \times (F_{u4} + G_4) = 0$$

$$R_{45}^T + F_{u5} + G_5 + P_C + \begin{pmatrix} 0 & R_{05_1} & 0 \end{pmatrix}^T = 0$$

$$\begin{pmatrix} R_{12} & R_{23} & R_{03} & R_{34} & R_{45} & R_{05_1} \end{pmatrix} := \text{Find} \left(\begin{pmatrix} R_{12} & R_{23} & R_{03} & R_{34} & R_{45} & R_{05_1} \end{pmatrix} \right) \quad R_{05} := \begin{pmatrix} 0 & R_{05_1} & 0 \end{pmatrix}^T$$

$$R_{12} = (-5104 \ -11298 \ 0) \quad R_{23} = (-5049 \ -11430 \ 0) \quad R_{03} = (-2488 \ 13456 \ 0) \quad R_{34} = (-7503 \ 1858 \ 0)$$

$$R_{45} = (-7259 \ 1186 \ 0) \quad R_{05}^T = (0 \ 10814 \ 0)$$

Таким образом, совместное решение семи уравнений равновесия позволило найти шесть неизвестных реакций.

В заключение находят реакцию в шарнире A и вектор уравновешивающего момента ($R - H$, $M - Hm$).

$$R_{21} := -R_{12} \quad R_{01} := -R_{21} \quad M_{\delta\delta} := l_1 \times R_{21}^T \quad M_{\delta\delta}^T = (0 \ 0 \ 973)$$

Модули найденных реакций:

$$|R_{01}| = 12398 \quad |R_{12}| = 12398 \quad |R_{23}| = 12496 \quad |R_{03}| = 13684 \quad |R_{34}| = 7729$$

$$|R_{45}| = 7355 \quad |R_{05}| = 10814$$

Таким образом, аппарат векторной алгебры, имеющийся в программе Mathcad позволяет относительно легко исследовать кинестатику плоских рычажных механизмов. Программа решения получается очень компактной, алгоритм её написания прост, реакции в кинематических парах можно сразу получить и в векторном и в скалярном виде.

Список литературы

1. Мацюк И.Н., Шляхов Э.М. Определение кинематических и кинестатических параметров плоских стержневых механизмов сложной структуры. Теория механизмов и машин. – Санкт-Петербург. – 2013.
2. Мацюк И.Н., Шляхов Э.М. Кинестатика плоских стержневых механизмов произвольной структуры. Теория механизмов и машин. – Санкт-Петербург. – 2013.

Литвин П.В., ст.викладач, Перец Максим Евгеньевич., гр. АТммС-12-1
(Государственное ВУЗ «Национальный горный университет», г.Днепропетровск, Украина)

ТЕНДЕНЦИЯ РАЗВИТИЯ ГИБРИДНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Гибридный автомобиль – автомобиль, использующий для привода ведущих колёс разнородную энергию. Современными авто производителями используется схема, позволяющая совмещать тягу двигателя внутреннего сгорания и электродвигателя. Это позволяет избежать работы ДВС в режиме малых нагрузок, а также реализовывать рекуперацию кинетической энергии, что повышает топливную эффективность силовой установки. Иногда с гибридами ошибочно смешивают транспортные средства с электромеханической трансмиссией (например, тепловозы, некоторые трактора и танки).

Гибридный автомобиль сочетает в себе преимущества электромобиля и автомобиля с двигателем внутреннего сгорания (ДВС). Это большой коэффициент полезного действия электромобилей (80-90% у электромобиля против 35-50% у ДВС) и большой запас хода на одной заправке автомобиля с ДВС.

Главной причиной начала производства легковых гибридов был рыночный спрос на подобные автомобили, вызванный высокими ценами на нефть и постоянным повышением требований к экологичности автомобилей. При этом совершенствование технологий и налоговые льготы производителям гибридов делает эти автомобили в некоторых случаях даже дешевле обычных. В некоторых странах владельцы гибридов освобождаются от уплаты дорожного налога и не платят за муниципальные парковки. Применение электромобилей, несмотря на многие преимущества, и даже налаженный их выпуск, имеет ряд недостатков: – необходимость длительной зарядки аккумуляторов; – большая масса аккумуляторов; – недостаточная дальность пробега; – недоступность заправочных станций.

Нужно было искать компромиссы и устранять недостатки. И таким компромиссом стала разработка гибридомобиля.

Главным преимуществом является экономная эксплуатация. Чтобы достичь её, необходимо было искать баланс, то есть уравновесить все технические показатели машины, но при этом сохранить все полезные параметры обычного автомобиля: его мощность, скорость, способность к быстрому разгону, и множество других, весьма важных характеристик, заложенных в современных автомобилях. Торможение управляется бортовым компьютером.

Мало того, способность накапливать энергию, в том числе и не терять понапрасну кинетическую энергию движения во время торможения, а заряжать аккумуляторные батареи, помимо основных явных преимуществ, привнесло автолюбителям некоторые побочные «мелкие радости», например, меньший износ тормозных колодок. Таким образом, значительная экономия достигнута:

– снижением объёма и мощности двигателя; – работа двигателя в оптимальном и равномерном режиме, в гораздо меньшей зависимости от условий езды; – полная остановка работы двигателя, когда это необходимо; – возможность движения только на электродвигателях; – рекуперативное торможение с зарядкой аккумулятора.

Вся эта система до такой степени сложна, что стала возможна в полной мере только в современных условиях, с применением достаточно непростых алгоритмов работы бортового компьютера. Даже правильное и эффективное (с точки зрения безопасности)

Следующим немаловажным фактором преимущества гибрида является экологическая чистота. Снижение расхода углеводородного топлива немедленно сказалось на экологической чистоте. Полная остановка работы двигателей в местах скопления автомобилей на дорогах городов, и прежде всего в пробках, имеет самую первостепенную роль. Применение же аккумуляторных батарей гораздо меньшей емкости, чем в электромобилях, снизила остроту проблемы утилизации использованных аккумуляторов. Развитие гибридной технологии в общественном транспорте и для грузовых автомобилей ещё больше улучшит экологическую обстановку городов.

Следует отметить хорошие ходовые характеристики гидридов. Теперь нет необходимости устанавливать двигатель из расчёта пиковых нагрузок эксплуатации. В момент, когда необходимо резкое усиление тяговой нагрузки, в работу включаются одновременно как электро-, так и обычный двигатель (а в некоторых моделях и дополнительный электродвигатель). Это позволяет сэкономить за счет установки менее мощного двигателя внутреннего сгорания, работающего основное время в наиболее экономном и благоприятном для себя режиме. Такое равномерное перераспределение и накопление мощности, с последующим быстрым использованием, позволяет использовать гибридные установки в автомобилях спортивного класса и внедорожниках. Несмотря на то, что электродвигатели обладают достаточно большим крутящим моментом в пересчёте на массу и габариты двигателя, по сравнению с другими двигателями, разработчики всё же в ряде моделей устанавливают не слишком мощные электродвигатели, уменьшая их габариты. При этом, в целях суммирования мощностей, применяются комбинированные схемы передачи крутящего момента, с прямой передачей механического крутящего момента, непосредственно от двигателя. Такая схема называется «гибридно-совместный привод».

Как следовало ожидать, в гибриде увеличена дальность пробега. Исключение половины заездов на заправочные станции, и даже большего количества таких заездов, при езде по городу, высвобождает у автовладельца некоторое количество времени.

Устранён главный недостаток двигателя на углеродном топливе — невозможность возврата энергии обратно в углеродное топливо. Инженеры по транспорту давно пытались сохранить энергию движения при торможении, чтобы её повторно использовать. Например, применялись специальные конструкции с большим маховиком. Но только электрическую и гидравлическую энергию удаётся сохранить с минимальными потерями и достаточно дёшево. В качестве накопителя применяются аккумуляторы, гидроаккумуляторы и специальные конденсаторы.

У электромобилей пока есть один большой недостаток — необходимость зарядки аккумулятора. Процесс долгий и требует некоторого специально оборудованного пункта зарядки. Таким образом он становится непригодным для длительных и дальних поездок. Но уже разработаны технологии, позволяющие заряжать литий-ионные аккумуляторы с электродами из наноматериалов до 80 % ёмкости за 5-15 минут.

У гибридного автомобиля этот недостаток устранён. Заправка осуществляется по привычной схеме, обычным углеводородным топливом, тогда, когда это необходимо, и дальнейшее движение можно немедленно продолжить.

В городском цикле эксплуатации гибридный автомобиль 80 % времени работает в режиме электромобиля. В феврале 2006 года автолюбители из США смогли взломать электронную систему управления Toyota Prius и научились принудительно переключать автомобиль в режим электромобиля. Французская компания PSA Peugeot Citroen к 2010 году начнет серийное производство гибридных версий Peugeot 307 и Citroen C4. В автомобилях предусмотрен режим электромобиля на скоростях менее 50 км/ч. Водитель может по желанию включать режим электромобиля.

Недостатками гибридных автомобилей являются:

– относительно большой вес; – сложность и дороговизна в сравнении с традиционными автомобилями с двигателями внутреннего сгорания; – аккумуляторные батареи имеют небольшой диапазон рабочих температур, подвержены саморазряду, дороже в ремонте; – отсутствие трансмиссий; – сложность в утилизации аккумуляторов; – проблемы с подогревом салона; – опасность для пешеходов – автомобиль бесшумен.

Современное применение:

– легковые автомобили; – автобусы; – спортивные автомобили.

На данный момент Toyota, General Motors и ряд других компаний лидируют по количеству выпускаемых гибридов.

Следует отметить, что применение гибридов в спортивных автомобилях встречает ряд опасений относительно неконтролируемости роста расходов на автомобиль. Однако реалии современного мира заставили вновь обратить внимание на эти системы. С 2009 г. разрешено использование таких систем в гонках Ф1. Их применение сулит много преимуществ – лучшие характеристики торможения, возможность кратковременного увеличения мощности, что может быть использовано для обгона соперников, кроме того двигатель работает в более выгодных режимах.

Перспективы развития гибридов.

Toyota объявляла о намерении к 2007 году увеличить объём выпуска гибридных автомобилей до 900 тысяч в год, а к 2012 году вообще перейти исключительно на выпуск гибридов.

Лондон после 2012 года будет закупать только гибридные автобусы. Будет вводиться в эксплуатацию по 5000 гибридных автобусов ежегодно.

Фирма Walmart уже сейчас закупила несколько тысяч гибридных «петербилтов».

Но, в качестве накопителя энергии в этой системе обязательно должен применяться маховик с механическим отбором мощности. Иначе разделение потоков мощности в трансмиссии гибрида будет неэффективным при рекуперативном торможении и разгоне автомобиля

Ё-мобиль – проект, нацеленный на создание в далекой перспективе автомобиля, работающего на электричестве, получаемом от генератора с газовым (бензиновым, дизельным) роторно-лопастным двигателем и ёмкостного накопителя энергии.

Список литературы

1. http://www.power-e.ru/2004_01_85.php
2. <http://www.t-magazine.ru/Pages/prgt/>
3. <http://futurika.info/history/gibridy-tendencii-razvitiya/>
4. <http://referat911.ru/Innovacii/razrabotka-prognoza-tehnologicheskogo-razvitiya-otrasli/172113-2260137-place2.html>

Литвин П.В., ст.викладач, Коцев Р. А., студент гр. АТмм-11
(Государственный ВУЗ «Национальный горный университет»,
г. Днепропетровск, Украина)

ПАССИВНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ АВТОМОБИЛЕЙ

Пассивная безопасность автомобиля должна обеспечивать выживание и сведение к минимуму количества травм у пассажиров автомобиля, попавшего в дорожно-транспортное происшествие.

В последние годы пассивная безопасность автомобилей превратилась в один из наиважнейших элементов с точки зрения производителей. В изучение данной темы и её развитие инвестируются огромные средства, и не только по причине того, что фирмы заботятся о здоровье клиентов, а потому, что безопасность является рычагом продажи. А фирмы любят продавать.

Чтобы попасть в рейтинг безопасности (Top Safety Pick) ИHS автомобили проходят четыре краш-теста: - тест на фронтальный удар на скорости 64 км/ч с 40-процентным перекрытием; - боковой удар, который имитируется наездом полуторатонной тележки с деформируемым барьером на скорости 50 км/ч; - тест на опрокидывание; - тест по эргономике сидений и подголовников, ремней и подушек безопасности по защите головы и шеи водителя при ударе сзади.

Попробуем объяснить несколько определений, скрывающихся под широким определением «пассивной безопасности».

Она подразделяется на *внешнюю* и *внутреннюю*.

Внешняя достигается исключением на внешней поверхности кузова острых углов, выступающих ручек и т.д. С этим все понятно и достаточно просто.

Для повышения уровня внутренней безопасности используют очень много разных конструктивных решений:

1. КОНСТРУКЦИЯ КУЗОВА или «РЕШЁТКА БЕЗОПАСНОСТИ»; 2. РЕМНИ БЕЗОПАСНОСТИ; 3. НАДУВНЫЕ ПОДУШКИ БЕЗОПАСНОСТИ; 4. СИДЕНИЯ С ПОДГОЛОВНИКАМИ; 5. БЕЗОПАСНОСТЬ ДЕТЕЙ.

По итогам испытаний 2012-2013 года и верстки рейтинга (Top Safety Pick) специалисты института отметили, что автопроизводители стали все больше внимания уделять безопасности, включая в свои базовые комплектации системы активной и пассивной безопасности. Остановимся более подробно на аспектах применения конструкции кузова типа «РЕШЁТКА БЕЗОПАСНОСТИ».

Она обеспечивает приемлемые нагрузки на тело человека от резкого замедления при ДТП и сохраняет пространство пассажирского салона после деформации кузова.

При тяжёлой аварии есть опасность, что двигатель и другие агрегаты могут проникнуть в кабину водителя. Поэтому, кабина окружена особой «решёткой безопасности», представляющей собой абсолютную защиту в подобных случаях. Такие же рёбра и брусья жесткости можно найти и в дверях автомобиля (на случай боковых столкновений).

Сюда же относятся и области погашения энергии. При тяжёлой аварии происходит резкое и неожиданное замедление до полной остановки автомобиля. Этот процесс вызывает огромные перегрузки на тела пассажиров, могущие оказаться фатальными. Из этого следует, что необходимо найти способ «замедлить» замедление для того, чтобы уменьшить нагрузки на тело человека. Одним из способов решения данной задачи является проектирование областей разрушения, гасящих энергию столкновения, в передней и задней части кузова. Разрушения автомобиля будут более тяжёлыми, зато пассажиры останутся целыми (и это по сравнению со старыми «толстокожими» машинами, когда машина отделялась «лёгким испугом», зато пассажиры получали тяжёлые травмы).

В настоящее время наиболее проработанными являются следующие конструктивные решения.

ASF (Audi Space Frame)

Конструкционная (пассивная) система защиты при ударах. Представляет собой жесткий балочный, алюминиевый каркас внутри кузова и, защищающий салон автомобиля от сильных деформаций и значительного сокращения объема даже при боковых ударах. Такой каркас имеет строго определенные зоны деформаций и при разрушительных нагрузках перераспределяет энергию удара так, чтобы детали салона как можно меньше травмировали водителя и пассажиров.

Audi Space Frame состоит преимущественно из замкнутых алюминиевых профилей и больших, многофункциональных литых частей. Для сокращения веса было значительно уменьшено количество конструктивных элементов и заменено на несколько крупных литых частей с оптимальной жесткостью. Символ ASF в вырезе для двери на средней стойке кузова символизирует поворотный пункт в спирали увеличения веса: больше комфорта, больше мощности, больше безопасности, меньше веса.

MICS (MINIMUM INTRUSION CABIN SYSTEM). Разработчик: Toyota.

Конструкция несущего кузова, что в переводе означает «Система обеспечения минимального вторжения в кабину». Или, точнее, "Система программируемой деформации кузова". Впервые была применена при создании модели Avenis 2003г.

RISE (Reinforced Impact Safety Evolution). Разработчик: Mitsubishi

Система состоит из очень прочного каркаса безопасности, защищающего салон, и специально рассчитанных передних и задних зонах запрограммированной деформации, которые рассеивают энергию удара. Впервые такой кузов был применен автомобиле Galant в 1996г.

NEW CRASH COMPATIBILITY BODY FRAME

(новая стойкая к столкновениям конструкция кузова)

«Капотная» часть кузова стала более энергоемкой - показатель гашения энергии удара повысился на 50%, за счет этого нагрузка на капсулу салона снизилась на 30%. Таких результатов добились увеличением площади рассеивания энергии удара, внедрив в конструкцию передней части кузова дополнительные силовые элементы - верхние и нижние поперечные и «косые» балки, которыми соединяются продольные силовые элементы - лонжероны.

При такой схеме часть энергии при столкновении с перекрытием перераспределяется на сторону, не подвергшуюся удару. Напомним, что подобное столкновение - это лобовой удар, при котором зоной контакта является одна из сторон передка автомобиля - левая или правая. По статистике, столкновения такого типа наиболее распространены.

ACE (Advanced Compatibility Engineering). Разработчик: Honda

В рамках программы Honda "Безопасность для каждого" на всех последующих моделях Accord (вслед за Civic 2006 модельного года) будет использована система усиления кузова Advanced Compatibility Engineering (ACE), позволяющая распределять и гасить энергию лобового столкновения с автомобилями различной посадки.

Структура кузова автомобиля, спроектированная с учетом Совместимости элементов конструкции (Advanced Compatibility Engineering) помогает при столкновении распределять энергию удара, направленную на пассажирский салон, на всю площадь кузова. Благодаря рациональному расположению ходовой части и лонжеронов при лобовом столкновении энергия удара распределяется по всей передней части автомобиля и по выступающим боковым элементам. Принцип ACE также помогает защитить пассажиров других автомобилей, особенно при столкновении с автомобилем меньших размеров.

Специально спроектированная передняя часть обеспечивает высокую степень защиты автомобиля меньшей массы, с которым происходит столкновение: передняя часть автомобиля относительно легко деформируется в продольном направлении. При столкновении двух автомобилей этот отсек кузова путем деформации поглощает большую часть энергии удара и адаптируется к конструкции другого автомобиля.

SIPS (Side Impact Protection System). Разработчик: Volvo.

(Система защиты от бокового удара)

Система защиты от бокового удара SIPS (Side Impact Protection System) фирмы Volvo впервые появилась в 1991 году. Главной ее задачей было поглощение энергии бокового удара всем кузовом автомобиля. Второй шаг в развитии SIPS шведы сделали в 1994 году - тогда на автомобилях Volvo начали серийно устанавливать боковые надувные подушки безопасности. Сначала это сделали на машинах Volvo-850, а сейчас система SIPS с боковыми подушками устанавливается на все машины Volvo. Подсчитано, что использование SIPS снижает смертельный исход и тяжелые травмы при боковых ударах на 40%.

Тем временем специалисты по безопасности фирмы работают над третьим этапом развития SIPS. Теперь "пассивники" главное внимание уделяют защите головы человека при боковом ударе. Исследования показали, что из-за травм головы происходит четверть всех смертей при авариях, причем значительная часть этих аварий - боковые удары или групповые столкновения. При этом пассажиры ударяются головой о стойки крыши или о стекла дверей.

PRO-CON 10. Разработчик: Audi

Так называется система тросов, которой связаны силовой агрегат, рулевая колонка и натяжители ремней безопасности. При сильном ударе, когда двигатель "уходит" с креплений назад, он натягивает тросы, которые перемещают через механическую тягу в доли секунды сдвигает рулевую колонку вперед от водителя и обеспечивают дополнительное натяжение ремней безопасности.

Список использованных источников:

1. http://www.power-e.ru/2004_01_85.php
2. <http://www.t-magazine.ru/Pages/prgt/>
3. <http://futurika.info/history/gibridy-tendencii-razvitiya/>
4. <http://referat911.ru/Innovacii/razrabotka-prognoza-tehnologicheskogo-razvitiya-otrasli/172113-2260137-place2.html>

АДАПТАЦИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ (ДВС) ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ГАЗОБАЛЛОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ (ГБО) 2-ГО И 4-ГО ПОКОЛЕНИЯ.

Цель: Рассмотреть режим работы ДВС с ГБО, определить причины так называемых «хлопков» газовой смеси во впускном коллекторе для 2-го поколения, выяснить причины повышения расхода газовой смеси для 4-го поколения, дать рекомендации по правильной адаптации ГБО на ДВС.

Задачи исследования:

1. Прицепы действия ГБО 2-го и 4-го поколения, и их условия работы. 2. Причины «хлопков» 2-го поколения ГБО. 3. Методы и средства предотвращения «хлопков» для 2-го поколения ГБО. 4. Причины повышенного расхода ГБО 4-го поколения. 5. Методы снижения и средства для адаптации ДВС потребления топлива. 6. Вывод результатов исследования. На современном этапе высоких требований к безопасности и экономичности эксплуатации бензиновых двигателей весьма актуально является установка ГБО это связано с тем, что стоимость топлива (газа) в 1,7 раза ниже сравнении с более жидкими аналогами (бензин и др.)

Второе поколение ГБО. Механические системы, дополненные электронным дозирующим устройством, работающим по принципу обратной связи с датчиком содержания кислорода. Они устанавливаются на автомобили, оснащенные инжекторным двигателем, с лямбда-зондом нейтрализатором и каталитическим нейтрализатором отработавших газов ("катализатором"). Это традиционные устройства со смесителем газа, дополнительно оснащенные дозаторами газа. Для поддержания правильного состава газо-воздушной смеси, Лямбда-контроллеры используют сигнал от штатного Лямбда-зонда автомобиля, а так же сигнал положения дроссельной заслонки и датчика оборотов двигателя, для оптимизации топливно-воздушной смеси на переходных режимах работы двигателя.

На впускной коллектор перед дроссельной заслонкой (либо внутрь гофры) устанавливается газовый смеситель. По своей конструкции их существует большое количество, как оригинальных (под тип двигателя), так и универсальных. В таком оборудовании подача газа происходит путем разрежения при работающем двигателе. А вот дозировка, в свою очередь, проводится путем регулировки подачи газа вручную. Регулировка происходит регистром меняющим сечение отверстия, через которое проходит газ.

Преимущества 2-го поколения ГБО: *простая конструкция и настройка.*

Недостатки: *большая вероятность «хлопков», сокращается срок эксплуатации свечей зажигания и воздушного фильтра.*

Четвертое поколение ГБО (фазированный впрыск). Это системы с распределенным синхронизированным впрыском газа: отдельное управление подачей газа (форсунками газа) для каждого цилиндра, работа форсунок управляется более совершенным электронным блоком.

Газовая установка 4-го поколения отличается от предыдущих тем, что является точной копией бензинового инжектора, а именно: каждый цилиндр имеет свою форсунку, подающую рассчитанный необходимый для работы данного цилиндра впрыск газа. А работа форсунок контролируется ЭБУ (электронный блок управления). При этом ЭБУ принимает непосредственное участие в работе двигателя на ГБО, работая с множеством датчиков необходимых для корректной работы двигателя на газу.

Данный вид газового впрыска полностью исключает вероятность «хлопков», требует менее внимания к свечам зажигания и воздушному фильтру. Расход газа максимально приближен к расходу бензина, сохраняя при этом динамику автомобиля. Главным преимуществом фазированного впрыска является функция автоматического перехода с бензина на газ, и наоборот (когда газ в баллоне закончился). В этом случае система подает звуковой сигнал, дающий водителю понять, что автомобиль перешел на бензин.

Анализ режима работы ДВС и возникновение «хлопков» при работе 2-го поколения ГБО:

Газовые хлопки наиболее часто происходят в двигателях с применением 4- и 5-клапанных схем в ГРМ (газораспределительном механизме), фаз газораспределения с продолжительным одновременным открытием впускных и выпускных клапанов – для создания «сквозняка» в камере сгорания. Если используются простейшие топливные системы с вакуумным управлением или в цилиндрах готовится бедная смесь, которая медленно горит, или есть погрешности в установке зажигания – возможно возникновение «хлопков» во впускном трубопроводе и воздушном фильтре. А «хлопок» – это маленький взрыв. В случае нарушения регулировки клапанного механизма при резком нажатии педали акселератора при работе на газе, произойдет

хлопок во впускной коллектор. Последствия хлопков самые разнообразные - от вышедшего из строя датчика массового расхода воздуха до разорванного в клочья корпуса воздушного фильтра вместе с гофрой и ДМРВ (датчик массового расхода воздуха).

Последствия могут быть и тяжелее. В одном из АТП города Днепропетровска за прошлый год из 28 автомобилей ГАЗель, оснащенных газовыми установками из-за хлопков сгорели 4 машины. Поэтому безопасность превыше всего!

К основным причинам «хлопков» можно отнести следующие причины:

1. Совпадение (перекрытие) во времени открытого состояния клапанов в цилиндре, и впускного, и выпускного. 2. Низкая скорость горения газово-воздушной смеси. При перекрытии клапанов рабочая смесь может продолжать гореть и поджигать газово-воздушную смесь во впускном коллекторе. 3. На карбюраторном двигателе заслонки полностью не закрывают элементы камеры сгорания и возможно воспламенение смеси во впускной магистрали. 4. Возгорание от действия калильного зажигания нагретых элементов камеры сгорания (зажигание от раскаленного нагара, сажи). Эту причину можно отнести к неисправностям двигателя. Также обедненная рабочая смесь может воспламениться от нагретых элементов камеры сгорания цилиндра, таких, как: клапанов, их седел, нагретых стенок цилиндра и, конечно же, нагретых элементов свечей. 5. Обратные хлопки - взрывы на некоторых двигателях, оснащенных системами зажигания, не имеющими механических распределителей - "холостая искра" (подача искры при открытом впускном клапане) 6. При резком открытии дроссельной заслонки подача горючей смеси в цилиндры двигателя резко возрастает, обедняя смесь во впускной магистрали из-за задержки с подачей газа к смесителю, а потому во впускной магистрали образуется газозабогатая смесь нужных кондиций, высокоопасной, взрывной концентрации.

Методы и средства предотвращения «хлопков» для 2-го поколения ГБО.

При выполнении работ по установке газовых инжекторных систем на АТС с бензиновыми и инжекторными системами питания следует соблюдать следующие меры предосторожности:

- отключить аккумуляторную батарею при неработающем двигателе и выключенном зажигании; - не допускать подключения или отсоединения цепей ЭБУ (электронный блок управления) при включенном зажигании; - не допускать появления статического электричества на инструментах, теле и одежде автослесаря, что может вывести из строя электронные схемы ЭБУ; - устанавливать в корпус воздушного фильтра обратный предохранительный клапан (хлопушку), обеспечивающий сохранность воздушного фильтра и других элементов газовой системы питания при возникновении обратного распространения пламени во впускном трубопроводе двигателя. При наличии «хлопков» в системе выпуска, неустойчивой работе двигателя следует отрегулировать привод ТНВД (топливного насоса высокого давления) и дозатора газа или устранить другие неисправности в соответствии с указаниями предприятия-изготовителя ГТС (газотопливных систем) питания, напр. пропуски в системе зажигания – нерабочий высоковольтный провод или свеча зажигания

Причины повышенного расхода и неустойчивой работы ГБО 4-го поколения

1. Позднее зажигание. Сдвиг угла на 1 градус увеличивает расход. 2. Неправильно выставленные зазоры в свечах зажигания, а так же перебои в работе свечей. 3. Проблемы в системе питания двигателя 4. Засорение фильтрующего элемента. 5. Нарушена регулировка дозатора газа

Методы снижения и средства для адаптации ДВС потребления топлива

Настройка работы двигателя на разных режимах работы ГБО 4-го поколения настройка таблиц впрыска топлива в зависимости от оборотов двигателя и показаний лямбда зонда, фаз возбуждения искры зажигания, корректная настройка ЭБУ.

Выводы.

ГБО, как и любое другое автомобильное оборудование имеет свои плюсы и минусы. Установка «антихлопка» предотвращает разрушения корпуса и элементов ГБО, а также значительно повышает пожарную защиту. Детальная настройка таблиц впрыска и фаз возбуждения зажигания исключают неустойчивую работу, работает экономично и повышает целесообразность установки ГБО.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Золотницкий В.А. Автомобильные газовые топливные системы // В.А. Золотницкий / АСТ, Астрель, Хранитель, 2007. – с. 40 с. ил.
2. Дмитриевский А.В. Бензиновые двигатели // А.В. Дмитриевский, А.С. Тюфяков [2-е изд., перераб. и доп.]. - М.: Машиностроение, 1993. - с. 238 с. ил.

Літвінова Я.В., асистент кафедри управління на транспорті
(Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», м. Дніпропетровськ, Україна)

АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНИХ АСПЕКТІВ У СФЕРІ ЛОГІСТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ

Аналіз теоретичних розробок з удосконалення процесів управління роботою транспортних вузлів на базі логістичних принципів дозволив виділити ряд характерних робіт. В теоретичних розробках, що використовують в якості критерію ефективності показники економічного характеру, найчастіше вживаються сумарні витрати: витрати вантажовласників [1], макроекономічні витрати [2], сума витрат транспортних і витрат на зберігання [3], витрати на затримку при виконанні технологічних операцій [5], сумарні витрати на транспортування, зберігання і корегування програм виробництва [8]. Досить поширеним напрямком підвищення ефективності роботи підприємств у транспортних вузлах є створення графіків сумісної роботи [2, 8].

Карієва Я.К. і Камалова Е.А. в роботі [2] для оптимізації процесів взаємодії на макрорівні пропонують створити в регіоні систему взаємодії суміжних видів транспорту на основі безперервних планів-графіків роботи крупних транспортних вузлів. Авторами проведений аналіз факторів, що визначають ефективність системи доставки вантажів у змішаному сполучні на 5 рівнях (технічному, технологічному, економічному, організаційному, комерційно-правовому).

Заборський Л.А. в [1] вирішує завдання мінімізації витрат вантажовласника при взаємодії різних видів транспорту в системі доставки вантажів. Економіко-математична модель враховує можливі співвідношення інтенсивності процесів завою та вивозу вантажів на термінальному комплексі.

В роботі [3] автором сформульована динамічна транспортна задача з затримками для оптимізації взаємодії видів транспорту і крупного транспортного вузла (порту). Задача оптимізації процесу функціонування транспортної системи визначена як задача мінімізації сумарних транспортних розходів и витрат на зберігання. Автором пропонується узгоджувати ритми роботи постачальників і споживачів таким чином, аби відповідні графіки відповідали можливостям транспорту (при цьому показники продуктивності транспорту виступають в якості специфічної системи обмежень).

Новіков П.А. в [5] пропонує подібну методику, де в якості критерію оптимальності використовується мінімум транспортних витрат, витрат на зберігання, а також витрат на перебудову виробничих програм постачальників. Оптимальне рішення при цьому визначається із урахуванням обмежень, що задаються динамікою запасів у постачальників і споживачів. Задачею взаємодії ближчих зон, на думку П.А. Новікова, є забезпечення потрібного ритму навантаження.

До зон середньої взаємодії відносяться на морському транспорті – судна в акваторії порту, на залізничному – состави на станціях в зоні очікування. Зоною очікування є кілька найближчих станцій, які використовуються як певного роду накопичувач. Задачею організації взаємодії є керований підвід морських суден и залізничних составів у транспортний вузол, при цьому критерієм оптимальності є мінімум відхилень від заданого ритму прибуття составів на припортову станцію і суден до причалів.

В роботі [8] Тушина Н.А. зазначається, що ефективною мірою зменшення розузгодженості ритмів спільної роботи в транспортних вузлах є управління ритмами відправлень. Фактично, при управлінні слід впроваджувати адаптивне узгодження

ритмів виробництва і споживання. Для вирішення цієї задачі Н.А. Тушин пропонує використовувати метод динамічного узгодження виробництва і транспортування.

Запара Я.В. в роботі [9] пропонує універсальну модель, що відображає технологію роботи залізничного вантажного вузла. Вибір оптимальної стратегії поведінки транспортного вузла як суб'єкту транспортного ринку при змінному вагонопотоці заснований на мінімізації сумарних витрат вагоно-годин.

Левковець П.Р., Нікітін П.В. та Лабута А.В. в статті [4] пропонують для забезпечення координації автомобільного і річкового транспорту в вузлах проводити моделювання технологічних процесів і прогнозування попиту на перевезення на базі потужностей логістичного центру. Координація сумісної роботи автомобільного та річкового транспорту розглядається з точки зору забезпечення максимальних обсягів перевезень і прибутку підприємств, що є елементами логістичної системи.

Існуючі теоретичні розробки в області підвищення ефективності функціонування транспортних вузлів, крім критеріїв ефективності економічного характеру, використовують також технологічні показники.

Слід зауважити, що для теоретичних підходів, які використовують технологічні критерії ефективності, характерними є багатокритеріальні підходи [6]. Це пов'язано з тим, що процеси функціонування транспортних вузлів є складними, характеризуються великою кількістю учасників, що мають різні інтереси, які відображаються, відповідно, різними показниками. Таким чином, можна зробити висновок, що при розробці моделей управління роботою транспортних вузлів як складних технологічних систем доцільним є використання інтегральних показників економічного характеру.

Перелік посилань

1. Забродский Л.А. Оптимизация взаимодействия различных видов транспорта на морском терминальном комплексе в системе доставки грузов // ***. – 2008. – С. 238–252.
2. Кариева Я.К., Камалова Э.А. Организационные формы взаимодействия разных видов транспорта у вузлах передачи вантажів // Логистика: теория и практика. – 2012. – Вип. 1(2). – С. 56–60.
3. Мурадян А.О. Динамические резервы железнодорожной подсистемы взаимодействия // Методи та засоби управління розвитком транспортних систем. – 2012. – Вип. 19. – С. 184–199.
4. Левковець П.Р., Нікітін П.В., Лабута А.В. Координація роботи різних видів транспорту. [Online] [Cited: июнь 11, 2013.] http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/Upsal/2008_5/08lprdk.pdf.
5. Новиков П.А. Организация эффективного взаимодействия железнодорожного и морского транспорта в припортовых транспортных узлах // Автореф. дис. канд. техн. наук. – Екатеринбург: УрГУПС, 2008. – 25 с.
6. Маслов А.М. Технично-технологические параметры функционирования грузовых станций железнодорожного транспорта в условиях стохастического характера вагонопотока // Автореф. дис. канд. техн. наук. – Екатеринбург: УрГУПС, 2009. – 23 с.
7. Кочнева Д.И. Повышение эффективности функционирования региональной контейнерной транспортно-логистической системы // Автореф. дис. канд. техн. наук. – Екатеринбург: УрГУПС, 2012. – 26 с.
8. Тушин Н.А. Системная интеграция в транспортных процессах (теоретические основы, организационные формы, методы оптимизации) // Автореф. дис. докт. техн. наук. – Екатеринбург: УрГУПС, 2012. – 43 с.
9. Запара Я.В. Формалізація технології роботи залізничних вузлів в умовах зміни обсягів перевезень // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2010. – Вип. 119. – С. 53–59.