

ных изделий в кооперации с выбранным партнером;

- согласование с партнерами и организация кооперированного производства одной из типоряда модели двигателя и организация региональных продаж;
- полномочное включение в международное разделение производства и продаж фирмы - партнера.

Литература

1. Некрасов В.Г. Легковое автомобилестроение стран СНГ. Поиски и решения. «Автомобильная промышленность», № 8, 2002.
2. Каминский В.Н. Двигателестроение – будущее отечественного автопрома. «Промышленник России», № 5, 2005г.
3. Некрасов В.Г. Создание автомобильного двигателя в Казахстане. «Вестник Национальной Инженерной Академии Республики Казахстан», № 1, 2004.
4. Дьяченко В.Г. Дизель или двигатель с искровым зажиганием? «Двигатели внутреннего сгорания», № 1, 2004.
5. Некрасов В.Г., Куанышев М.К. и др. Оптимизация конструкции двигателя. «Ползуновский вестник», № 4, 2006
6. Погарская Н. Казахстанский автомобиль – объективная реальность. «Промышленность Казахстана», № 4, 2002.

Применение активных колёсных модулей в автопоездах для перевозки крупногабаритных и тяжеловесных грузов

к.т.н. Коркин С.Н., к.т.н. Курмаев Р.Х., Крамер А.С.
Университет машиностроения, ОАО «НАМИ – Сервис»
rinat1982@yandex.ru

Аннотация. В статье приведены конструкции различных типов активных автопоездов повышенной проходимости. Предложены технические решения и методы компоновки автопоездов активными колёсными модулями с гидрообъёмным приводом колёс. Проведен анализ тяговых возможностей и оценка величины разрушающего воздействия на грунт автопоездов с активными и неактивными прицепными звеньями.

Ключевые слова: автопоезд с активным прицепным звеном, гидрообъёмная трансмиссия, проходимость, грунт, колёсный модуль.

В данной статье приведены данные научных исследований, полученные при выполнении Государственного контракта № П1131 от 02.06.2010 на поисковые научно-исследовательские работы для государственных нужд по заданию Министерства образования и науки РФ на 2010 – 2012 г.г. в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы.

В настоящее время для перевозки крупногабаритных и тяжеловесных грузов для нужд различных отраслей экономики страны требуется специализированный подвижной состав. Особенно это необходимо в областях с неразвитой транспортной инфраструктурой, характерной для нефтегазодобывающей промышленности, лесопромышленном и строительном комплексах и т.д. (районы Крайнего Севера, Сибири, Дальнего Востока).

В связи с этим одним из основных направлений развития транспортной системы является использования автопоездов, позволяющих увеличить производительность подвижного состава и снизить себестоимость грузоперевозок. Автопоезд - комбинированное многосвязное транспортное средство, состоящее из автомобиля-тягача и прицепного звена (прицеп или полуприцеп). Прицепных звеньев у автопоезда может быть несколько.

В России прицепные звенья для перевозки крупногабаритных и тяжеловесных грузов выпускают многие фирмы и заводы, такие как: ООО «Спецприцеп», ЧМЗАП ОАО «Уралавтоприцеп» и др. Из западноевропейских компаний стоит упомянуть Nooteboom (Нидерланды), Goldhofer и Scheuerle (Германия), Faymonville (Бельгия) и др. В большинстве случаев

автопоезда используются для перевозки грузов на дорогах общего пользования. Основным же недостатком, ограничивающим использование современных автопоездов в вышеуказанных регионах, является их низкая проходимость при движении вне дорог с твердым покрытием. Для возможности эксплуатации автопоездов в условиях бездорожья существуют общеизвестные способы повышения проходимости, например, за счет активизации прицепных звеньев автопоездов.

Создание активных прицепов и полуприцепов ведется уже достаточно давно. Конструкции, разработанные в нашей стране, имели преимущественно механический привод колес прицепного звена [3, 4]. Примерами активных автопоездов с механическим приводом колес прицепного звена являются автопоезда: Урал-44201-862 (10×10) (рисунок 1), БА3-3405-9366 (10×10) (рисунок 2), КрАЗ-260Д-9382 (рисунок 3).



Рисунок 1



Рисунок 2



Рисунок 3

Примененный в разработках силовой привод с механической передачей мощности, несмотря на использование традиционных конструктивных элементов, имеет существенные недостатки: сложная и тяжелая конструкция, трудность компоновки и общая ненадежность при передаче мощности большим количеством карданных передач. К этим недостаткам добавлялись кинематические несоответствия вращения колес тягача и активного прицепа и проблемы оптимального перераспределения необходимых сил тяги и торможения на каждое колесо автопоезда, особенно заметные на ровной дороге, на поворотах и при торможении. Кроме того, возможность расцепления и замены прицепного состава вообще не предусматривали.

Кроме механического привода, в конструкции активных автопоездов использовался гидрообъемный привод колес прицепного звена [3, 4]. Среди подобных разработок можно выделить МА3-544-5246 (МА3-7410-5246) (12×12) и ЗИЛ-137-137Б (10×10) (рисунок 4). Недостатками такого типа привода в то время были низкий КПД привода, невысокая надежность трубопроводов, отсутствие возможности управления гидромашинами.

Общим же для этих автопоездов являлось то, что привод колес прицепных звеньев осуществлялся от двигателя автомобиля-тягача, что сильно ограничивало возможности применения тягача для других транспортных задач и возможность соединения с другими типами прицепов и полуприцепов.

На современном этапе развития технологии машиностроения, для привода ведущих колес прицепных звеньев наиболее целесообразно использовать бесступенчатые регулируемые трансмиссии (гидрообъемные, электрические приводы), обладающие рядом преимуществ по сравнению с механическими [1, 4].

В качестве примера на рисунке 4 представлен автопоезд, у которого привод колес полуприцепа обеспечивается дополнительным вспомогательным электрическим модулем. Дополнительный модуль обеспечивает увеличение суммарной мощности необходимой тягачу при движении на подъем. Модуль оснащен специальной тормозной системой, которая использует технологию подзарядки бортовых аккумуляторов при торможении. Система работает по принципу гибридного автомобиля.

Двигатель-генераторы производят электричество с помощью системы торможения вместо обычных тормозов, использующих для торможения трение. Автомобиль имеет систему аккумуляторов, которые накапливают эту энергию. Когда грузовику необходимо увеличить скорость или идти в гору, аккумуляторы придают движителю дополнительную мощность. На рисунке 5 показана принципиальная схема работы системы.

Например, при применении гидрообъемной трансмиссии (ГОТ) в качестве привода прицепного звена (рисунок 6) можно создать автоматическую систему управления [1, 4], которая будет обеспечивать эффективное регулирование подводимой мощности непосредственно.

венно к каждому колесу прицепного звена.



Рисунок 4 – Гибридный автопоезд с дополнительным модулем

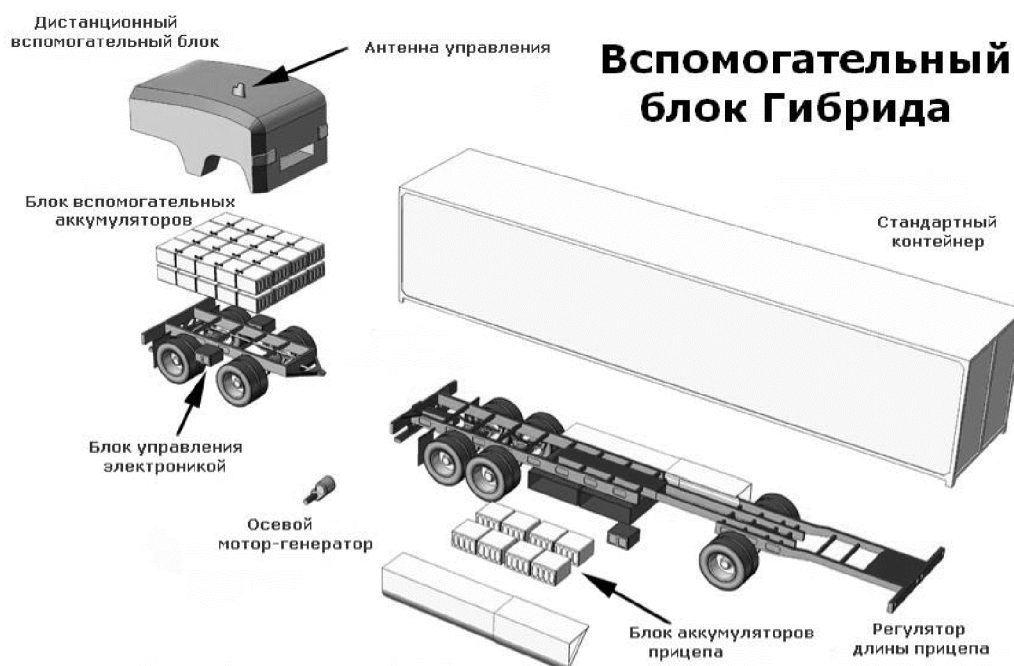


Рисунок 5 – Принципиальная компоновочная схема гибридного автопоезда с дополнительным модулем

В настоящее время технологическое развитие позволяет создавать элементы гидрообъемного привода, прежде всего, гидромашины, на качественно ином уровне: с высокой передаваемой мощностью, небольшой массы и габаритов, с высокой надежностью. Производятся регулируемые и обратимые объемные гидромашины нового поколения в транспортном исполнении с требуемой мощностью, развивающие давление до 50 МПа с приемлемыми массо-габаритными характеристиками, с электропропорциональными системами управления через бортовые ЭВМ. Качественное изменение претерпели и быстроразъемные соединения (БРС) гидравлических шлангов, позволяющие при необходимости отсоединять прицеп/полуприцеп от тягача в случае размещения на нем насосной станции без потерь рабочей жидкости. Все перечисленные выше аспекты позволяют говорить о целесообразности и перспективности развития направления по применению именно гидрообъемных трансмиссий (ГОТ) на прицепных звеньях при создании активных автопоездов.

Совокупность автомобиля-тягача с различными типами активных колесных модулей образуют «модульную транспортную систему».

Такая система предназначена для перевозки грузов массой от 14 тонн и более в зависимости от количества активных колесных модулей и типа движителя.



Рисунок 6 – Активный автопоезд ЗИЛ–137–137Б (10×10) с гидрообъемным приводом колес прицепного звена

Предлагаемые технические решения создания активных автопоездов повышенной проходимости основывается на использовании универсальной автономной насосной станции (АНС), посредством которой осуществляется привод ведущих колёс прицепных звеньев. Так как привод колёс прицепных звеньев в этом случае осуществляется от АНС, не связанного непосредственно с двигателем тягача, то такую конструкцию можно назвать «активным колёсным модулем».

В зависимости от конструкции активные колёсные модули можно разделить на следующие типы:

- активный полуприцеп (может быть 2, 3, 4-осный и более (обозначаться АП 2, АП 3, АП 4 и т.д.) (рисунок 7);
- активная подкатная тележка полуприцепного типа «доля» (АПД) (рисунок 8);
- активная подкатная тележка прицепного типа (АТ) (рисунок 9).

Активный полуприцеп (рисунок 7) может представлять собой стандартный высокорамный полуприцеп, оснащённый стандартными ведущими мостами с усиленной подвеской, позволяющей оптимально распределять осевую нагрузку. Привод ведущих колес полуприцепа осуществляется с помощью нерегулируемого или регулируемого гидромотора. Для увеличения силового диапазона регулирования возможно применение редуктора гидромотора, который может быть одно- или двухступенчатым, в зависимости от особенностей гидромотора, с возможностью отключения привода мостов во время транспортировки.

При возрастании массы перевозимого груза, для того чтобы снизить нагрузку на седельно-сцепное устройство тягача и более равномерно распределить ее между всеми осями автопоезда, используется активная подкатная тележка полуприцепного типа «доля», расположенная между тягачом и полуприцепом (рисунок 8). Для привода колес подкатной тележки полуприцепного типа может использоваться гидроагрегат, представляющий собой два регулируемых гидромотора и редуктор, выполненный в едином корпусе, с возможностью передачи крутящего момента на две карданные передачи (т.е. на переднюю и заднюю оси).

Активная подкатная тележка (рисунок 9) позволяет при перевозке грузов использовать любой бортовой автомобиль с погрузкой на него автономной насосной станции. В этом случае может использоваться автопоезд с активной подкатной тележкой прицепного типа совместно с неактивным или с активным полуприцепом.

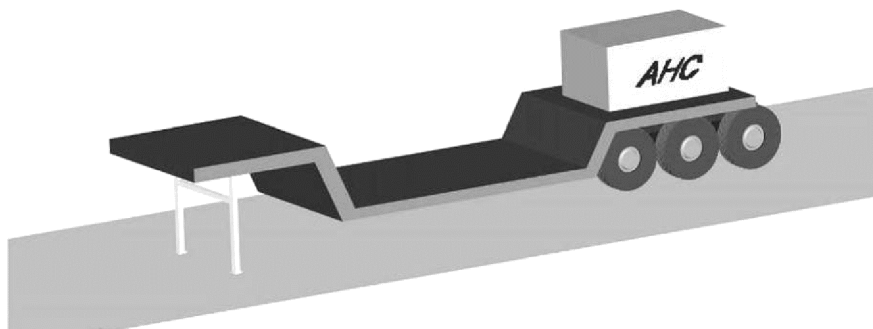


Рисунок 7 – Принципиальная схема конструкции активного полуприцепа

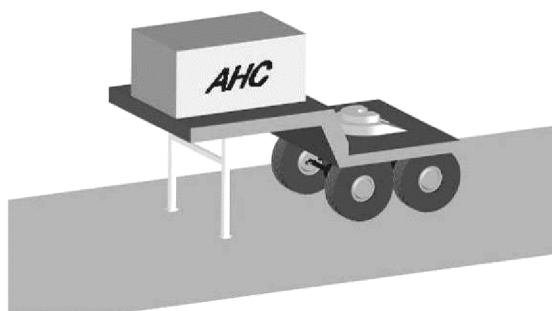


Рисунок 8 – Принципиальная схема конструкции активной подкатной тележки полуприцепного типа «доля» (АПД)

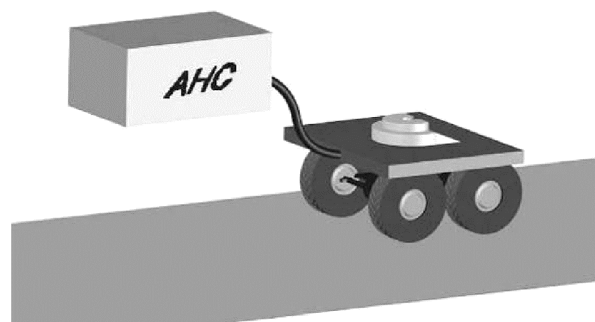


Рисунок 9 – Принципиальная схема конструкции активной подкатной тележки прицепного типа (АТ)

Для активных колёсных модулей может быть использована автономная насосная станция, которая позволит передать крутящий момент от силовой установки на гидромоторы. Автономная насосная станция располагается на платформе или борту автомобиля и соединяется с тележкой с помощью быстроразъемных соединений через гибкие трубопроводы.

В основе её дизельный двигатель и регулируемые реверсивные насосы. Если количество осей прицепных звеньев более 2-х, то в конструкции автономной насосной станции возможно использовать спаренный насос (состоит из двух гидронасосов одинакового объема с общим приводным валом). Если количество осей не превышает 2-х, то вполне хватает и одного насоса. АНС может быть размещена как на тягаче, так и на платформе самого колёсного модуля.

Принципиальная схема расположения основных элементов АНС представлена на рисунке 10.

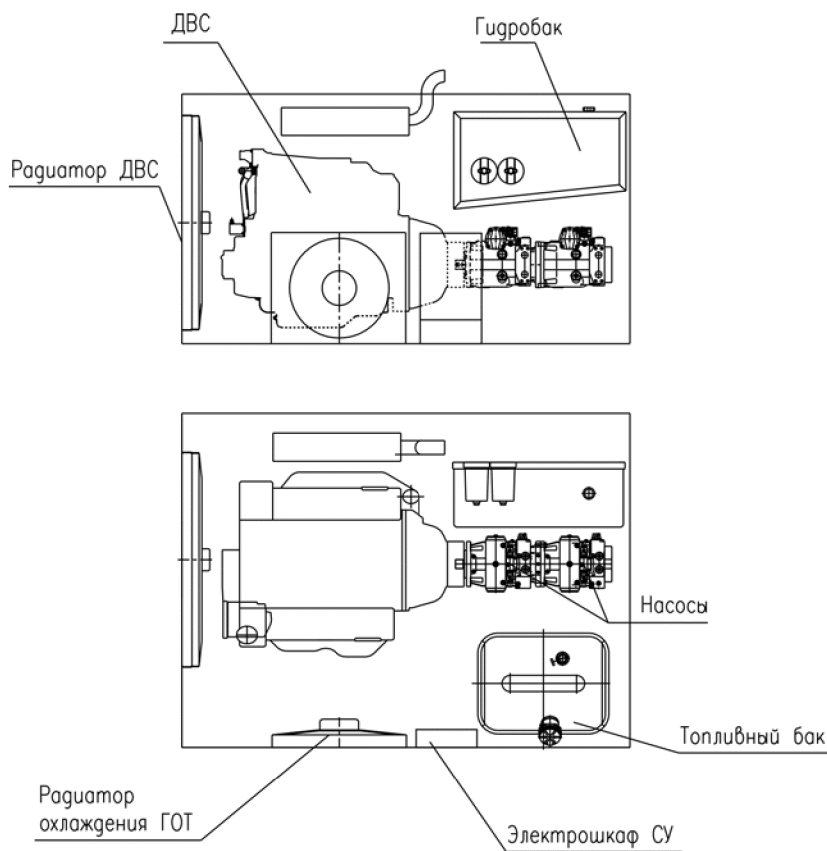


Рисунок 10 – Схема расположения основных элементов АНС

В зависимости от требуемых условий эксплуатации автопоезда мощность двигателя АНС может быть различной.

В таблице 1 представлены значения необходимой мощности двигателя АНС для различных тяжёлых дорожных условий, характеризующиеся коэффициентом сопротивления f .

Таблица 1

Дорожные условия, f	Диапазон необходимой мощности ДВС АНС, Ne [кВт]				
	АП 2	АП 3	АП 4	АПД	АТ
Грунтовая (сухая) – 0.025...0.035	21-29	31-43	41-58	18-25	14-25
Грунтовая (после дождя) – 0.05...0.15	41-124	62-185	82-247	35-107	29-87
Песчаная поверхность (сухая) – 0.1...0.3	82-247	124-371	165-495	70-210	58-173
Песчаная поверхность (влажная) – 0.06...0.15	49-124	74-185	99-247	42-105	35-87
Снежная укатанная – 0.03...0.05	25-41	37-62	49-82	21-35	17-29

В таблице введены следующие условные обозначения: АП 2 – активный полуприцеп 2-х осный; АП 3 – активный полуприцеп 3-х осный; АП 4 – активный полуприцеп 4-х осный; АПД – активная подкатная тележка полуприцепного типа «доля»; АТ – активная подкатная тележка прицепного типа.

В качестве исходных данных для определения необходимой мощности ДВС АНС были приняты следующие: грузоподъемность колёсных модулей: АП 2 – 20 тонн, АП 3 – 30 тонн, АП 4 – 40 тонн, АПД – 14 тонн, АТ – 17 тонн; КПД ГОТ $\eta = 0.67$; скорость движения – 10 км/ч.

Важным этапом при проектировании активного автопоезда с гидрообъемным приводом ведущих колес модуля является правильный подбор гидромашин. Параметры выбранных гидромашин определяют эффективность ГОТ, а значит, и эффективность всего рассматриваемого автопоезда. Подбор элементов ГОТ прицепного звена проводится на основании его тягово-динамического расчёта. Результатом расчета являются максимальные рабочие объёмы элементов ГОТ, а также требуемые передаточные отношения согласующих редукторов.

Для примера на рисунке 11 представлена одна из возможных схем ГОТ 2-х осного колёсного модуля [5].

Для примера на рисунках 12 и 13 представлены графики сравнения результатов тягово-динамического расчёта разных типов автопоездов при движении в самых тяжёлых условиях с $f = 0.2$, соответствующей сухой песчаной поверхности. Автопоезд полной массой 68 тонн состоит из автомобиля-тягача КАМАЗ 65221 (6х6) и 4-х осного полуприцепа. Для сравнения автопоезд рассматривается в двух вариантах: 1 – с неактивным полуприцепом; 2 – с активным полуприцепом (с гидрообъемным приводом колёс).

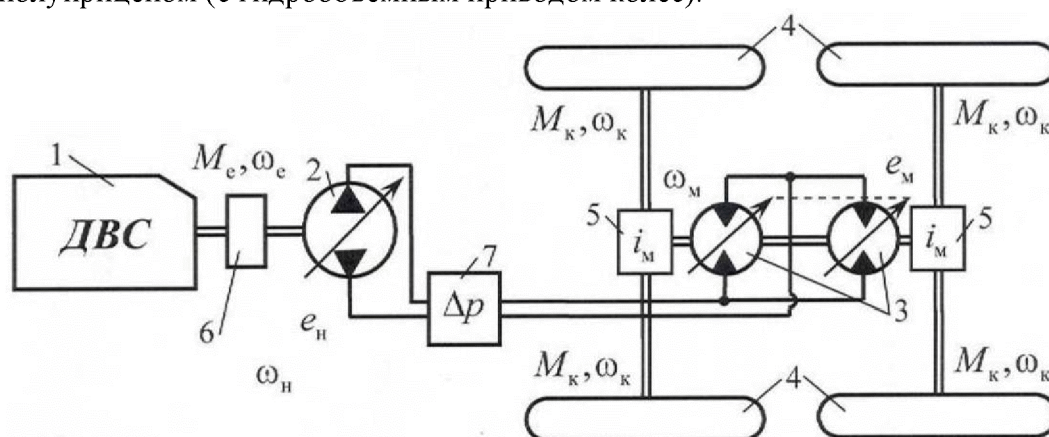


Рисунок 11 – Схема гидрообъемного привода 2-х осного колёсного модуля прицепного звена автопоезда

На рисунке 12 представлен график сравнения силы тяги рассматриваемых типов автопоездов по условию преодоления максимального сопротивления движению [4]: $P_k \geq P_f$, где:

P_k - продольная сила тяги, (Н), P_f - сила сопротивления качению, (Н).

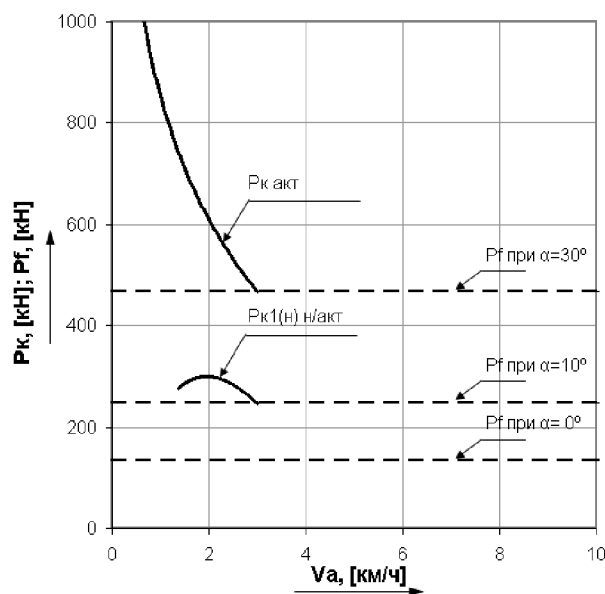


Рисунок 12 – Тягово-динамический расчёт автопоезда с активным и неактивным прицепным звеном при движении по сухой песчаной поверхности ($f = 0.2$)

Из рисунка 12а видно, что неактивный автопоезд сможет преодолеть угол подъёма 10 градусов на первой пониженной передаче на скорости до 3 км/ч, а активный автопоезд – угол подъёма 30 градусов на тех же скоростях.

На рисунке 13 представлен график сравнения силы тяги рассматриваемых типов автопоездов по условию сцепления с опорной поверхностью [4]: $P_k \leq P_\phi$ (при $\phi = 0,3$ соответствующей сухой песчаной поверхности), где: P_ϕ – сила сцепления ведущих колёс (Н).

Из рисунка 13 видно, что неактивный автопоезд не сможет преодолеть условия движения при $\phi = 0.3$, а активный автопоезд с такой задачей справится.

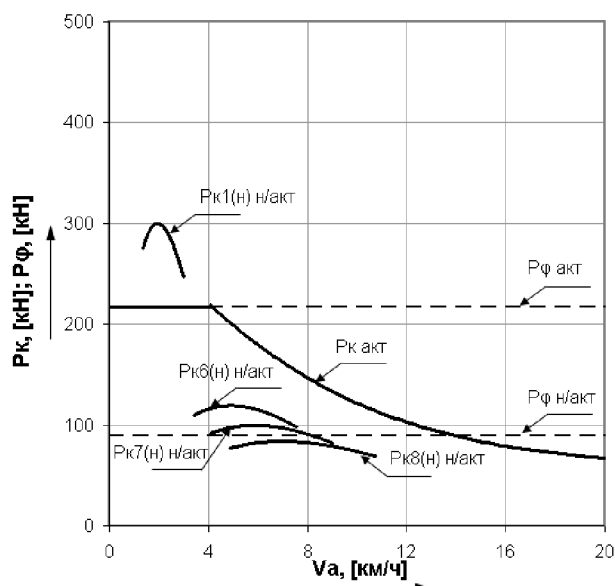


Рисунок 13 – Тягово-динамический расчёт автопоезда с активным и неактивным прицепным звеном при движении по сухой песчаной поверхности при $\phi = 0,3$

Таким образом, вышеприведенные графики показывают повышение проходимости активного автопоезда по сравнению с неактивным.

В зависимости от назначения автопоезда и характеристики перевозимого груза возможны различные комбинации конструкций колёсных модулей. Для примера на рисунках с 14 по 18 представлены варианты возможных автопоездов с активными колёсными модулями

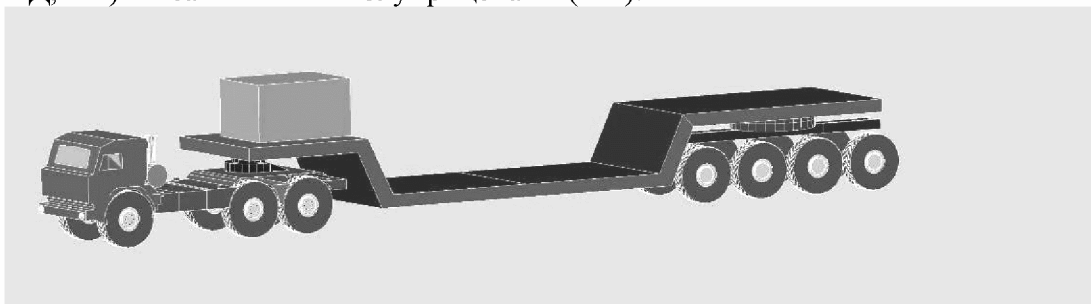


Рисунок 14 – Автопоезд 14х14 [КамАЗ 65221 (6х6) + АП 4 (8х8)]

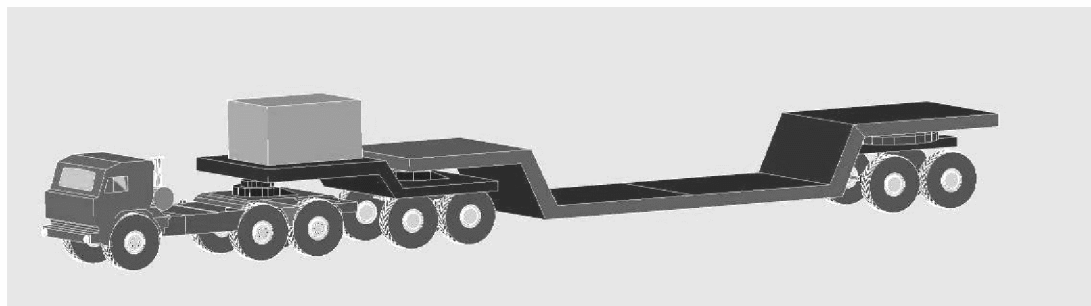


Рисунок 15 – Автопоезд 14х10 [КамАЗ 65221 (6х6) + АПД (4х4) + НП]

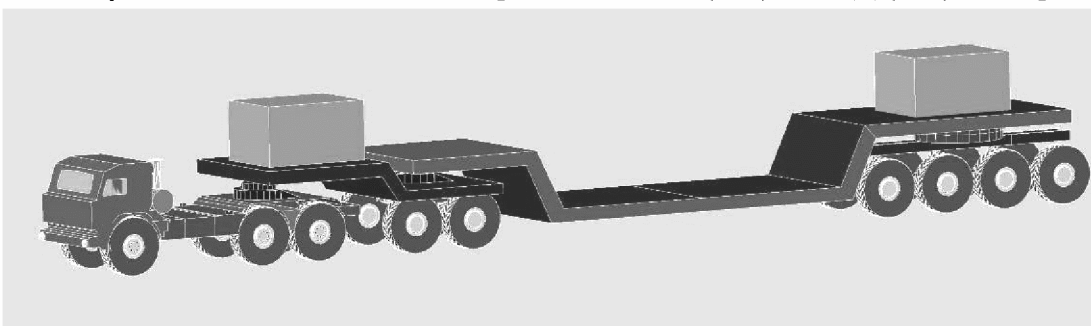


Рисунок 16 – Автопоезд 18х18 [КамАЗ 65221 (6х6) + АПД (4х4) + АП 4 (8х8)]

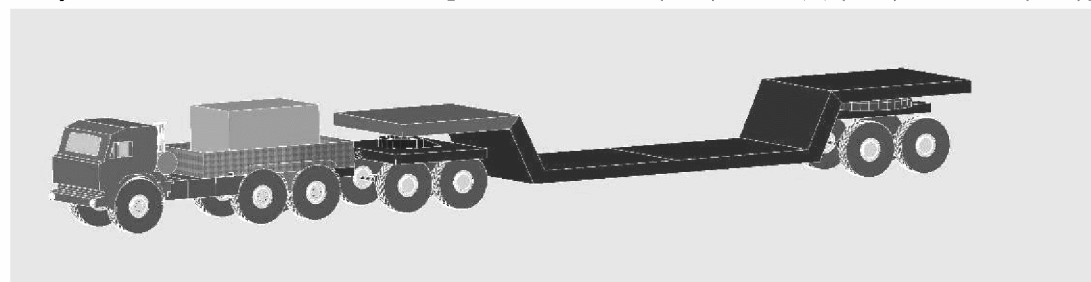


Рисунок 17 – Автопоезд 14х10 [КамАЗ 43118 (6х6) + АТ (4х4) + НП]

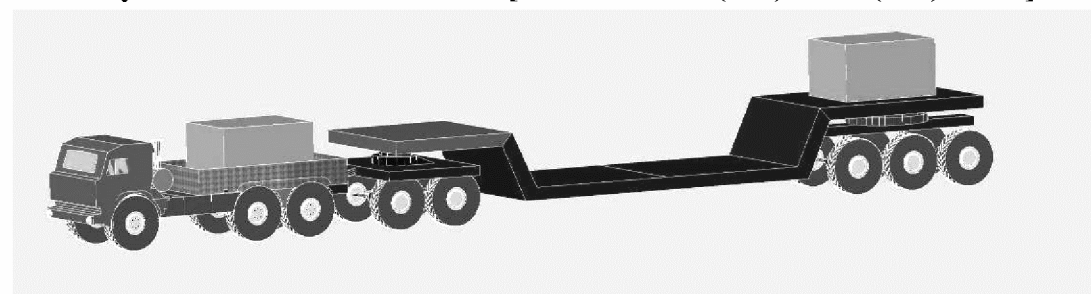


Рисунок 18 – Автопоезд 16х16 [КамАЗ 43118 (6х6) + АТ (4х4) + АП 3 (6х6)]

Основные достоинства применения модульных транспортных систем с активным приводом колёс следующие:

- повышение проходимости и средних скоростей движения на 25% и более;

- повышение грузоподъемности автопоезда;
- гибкость применения исходя из транспортных задач;
- возможность объединения прицепных звеньев для транспортировки длинномерных и крупногабаритных тяжёлых грузов;
- снижение разрушающего воздействия на почву до 40%.

Таким образом, модульная концепция активного автопоезда, предусматривающая применение однотипных активных колёсных модулей, является весьма перспективной, т.к. обеспечивает унификацию, снижение стоимости как самого транспортного средства, так и транспортных перевозок и значительно повышает возможности транспортных предприятий.

Появление в современном парке таких транспортных машин с активными прицепными звеньями можно ожидать только тогда, когда они будут обладать большей эффективностью по сравнению с аналогичными машинами с традиционными механическими трансмиссиями. Получить такие результаты реально лишь в том случае, если ГОТ будут оснащаться системами автоматического адаптивного управления, которые в процессе движения машины из всего многообразия возможных вариантов будут выбирать режим работы ГОТ, обеспечивающий максимальную эффективность системы «автомобиль-двигатель-трансмиссия-двигатель-опорная поверхность».

Литература

1. Шухман С.Б., Соловьев В.И., Прочко Е.И. Гидрообъёмные передачи – перспектива для полноприводных АТС. «Автомобильная промышленность», 1997, № 6. – с. 21-23.
2. Пирковский Ю.В., Шухман С.Б. Теория движения полноприводного автомобиля (прикладные вопросы оптимизации конструкции шасси). – М.: ЮНИТИ-ДАНА: Элит-2000, 2001. – 230 с., ил.
3. Коркин С.Н., Курмаев Р.Х., Петров С.Е. Экологические аспекты движения тяжёлых специальных автопоездов в условиях бездорожья // Материалы Международной научно-технической конференции Ассоциации автомобильных инженеров (ААИ) «Автомобиле- и тракторостроение в России: приоритеты развития и подготовка кадров», посвященной 145-летию МГТУ «МАМИ». – М.: МГТУ «МАМИ», 2010 г. – Книга 1. – с. 179 – 185.
4. Лепёшкин А.В., Курмаев Р.Х., Бочаров С.Е., Куру Д.С. Приводы активизированных прицепов автопоездов // Материалы Международной научно-технической конференции Ассоциации автомобильных инженеров (ААИ) «Автомобиле- и тракторостроение в России: приоритеты развития и подготовка кадров», посвященной 145-летию МГТУ «МАМИ». – М.: МГТУ «МАМИ», 2010 г. – Книга 1. – С. 227 – 231.
5. Лепешкин А.В. Математическая модель установившегося движения автопоезда с активизированным прицепным звеном, позволяющая оценить потери в трансмиссии. Известия МГТУ «МАМИ». Научный рецензируемый журнал. – М., МГТУ «МАМИ», №2 (12), 2011. – с. 27 – 41.

Исследование процесса теплоотдачи в сетчатой матрице роторного теплообменника

доц. к.т.н. Костюков А.В., Алексеев Р.А.

Университет машиностроения
ronopolk88@mail.ru, kostukov123@yandex.ru

Аннотация. Приводятся результаты расчетных исследований тепловых процессов в сетчатых матрицах роторных каркасных теплообменников. Получена уточненная зависимость теплоотдачи сетчатой матрицы от характеристик потока теплоносителя.

Ключевые слова: компактные теплообменники, моделирование теплогидравлических процессов, коэффициент теплоотдачи пористых матриц.

Одним из путей повышения эффективности применяемых в настоящее время в распре-