

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Автотракторный факультет
Научно-исследовательский центр дорожного движения

ОРГАНИЗАЦИЯ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ
И ПЕРЕВОЗОК ПАССАЖИРОВ И ГРУЗОВ
И ТРАНСПОРТ

Сборник научных трудов конференции

Минск
БНТУ
2017

УДК 656.11.05+656.13.072/073(082)

ББК 39.38я43

С 56

Редакционно-рецензионная коллегия:

Первый проректор БНТУ *Г. А. Вершина, Luca Persia*, директор участка Транспорта. Sapienza University of Rome (Sapienza), Italy; проректор по учебной работе, д-р техн. наук *А. Г. Баханович*; декан АТФ, д-р техн. наук *Д. В. Канский*; зав. Научно-исследовательским центром дорожного движения, филиал БНТУ «Научно-исследовательская часть» *В. Н. Кузьменко*; заведующий кафедрой «Организация автомобильных перевозок и дорожного движения» БНТУ, д-р техн. наук *С. А. Рынкевич, Stergios Mavromatis*, National Technical University of Athens (Greece), *George Yannis*, National Technical University of Athens (Greece), *Andrew Morris*, Loughborough University (United Kingdom), *Jo Barnes*, Loughborough University (United Kingdom); заведующий кафедрой «Транспортные системы и логистика» Харьковской национальной академии городского хозяйства, д-р техн. наук, профессор *В. К. Доля*; профессор кафедры «Безопасность и организация дорожного движения» МАДИ (ГТУ), д-р техн. наук, профессор *А. И. Рябчинский*; заведующий кафедрой транспортных систем и безопасности дорожного движения Национального технического университета (г. Киев), д-р техн. наук, профессор *В. П. Полищук*; профессор кафедры «Организация движения и автоперевозок» СПбГАСУ (АДИ), д-р экон. наук, профессор *А. Э. Горев*; профессор кафедры наземных транспортно-технологических машин СПбГАСУ (АДИ), д-р техн. наук, профессор *П. А. Пегин*; вице-ректор Рижского института транспорта и связи, д-р техн. наук, профессор *И. В. Кабашкин*; начальник отдела технических средств и систем, подполковник милиции *Д. В. Навой*; председатель Оргкомитета международных конференций по транспортным системам городов Уральского государственного экономического университета, канд. техн. наук, доцент *С. А. Вакман*; заместитель начальника УГАИ ГУВД Мингорисполкома, подполковник милиции *А. С. Зырянов*; директор научно-исследовательского института железнодорожного транспорта УО «БелГУТ», д-р техн. наук, профессор *А. К. Головнич*; профессор кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта», декан Факультета переподготовки и повышения квалификации Тихоокеанского государственного университета, д-р техн. наук, профессор *П. А. Пегин*; зав. кафедрой «ДВС» БНТУ, научный консультант НИЦ дорожного движения, д-р техн. наук, профессор *Г. М. Кухаренок*; профессор кафедры «Автомобили» БНТУ, д-р техн. наук, профессор *О. С. Руктешель*; зав. кафедрой «ТЭА» БНТУ, д-р техн. наук, профессор *В. С. Ивашко*; декан инженерно-строительного факультета ТОГУ, д-р техн. наук, профессор *И. Н. Пугачев*; зав. кафедрой «Автомобили» БНТУ, д-р техн. наук, доцент *Ю. Д. Карпиевич*; доцент кафедры уголовного права БГУ канд. юридич. наук, доцент *А. И. Сахарчук*; доцент кафедры административного права и управления органами внутренних дел УО «Академия МВД», канд. техн. наук, доцент *А. А. Сушко*

Рецензируемый

Сборник научных трудов посвящен актуальным проблемам безопасности дорожного движения, развития дорожной сети и городских транспортных систем; организации движения, моделирования транспортных и пешеходных потоков и развития транспортной инфраструктуры и иным вопросам, связанным с повышением качества, в том числе и безопасности дорожного движения, дорог и транспортных средств.

ISBN 978-985-583-104-5

© Белорусский национальный
технический университет, 2017

УДК 656.136

**АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ В ЛОГИСТИЧЕСКОМ
ОБСЛУЖИВАНИИ ГРУЗОПОТОКОВ**

ROAD TRANSPORT IN THE LOGISTICS SERVICE CARGO FLOWS

Божанов П.В., магистр экономических наук,
заместитель генерального директора Белорусского
научно-исследовательского института транспорта «Транстехника»

Bazhanau Pavel, Master of Economic Sciences, Deputy General Director
of the Belarusian Research Institute of Transport «Transtekhnika»

Аннотация. *Транспорт, как составную часть другой крупной экономической системы – логистики, необходимо рассматривать комплексно с учетом разных аспектов его функционирования. С позиции эффективности использования различных видов транспорта наибольший интерес представляют автоперевозки, как наиболее распространённые и востребованные владельцами грузов. В статье рассматриваются преимущества автотранспорта перед другими видами транспорта с учетом дорожной и логистической инфраструктуры.*

Abstract. *Transport, as an integral part of the other major economic systems – logistics, should be considered comprehensively, taking into account different aspects of its operation. From the standpoint of efficient use of different modes of transport the most interesting are road transport, as the most common and popular the owners of cargo. This article discusses the advantages of road transport over other modes of transport, taking into account road and logistics infrastructure.*

Введение

Автотранспорт с середины 20-го века стал ведущим среди сухопутного транспорта. Протяженность его сети растет, и достигла 27,8 млн. км, причем около половины приходится на США, Индию, Россию, Японию, Китай. По уровню автомобилизации в мире лидируют США и страны Западной Европы [1, с. 2]. В экономически развитых странах автотранспортом перевозится 90 % сырья, материалов, комплектующих изделий и готовой продукции. Автоперевозки занимают лидирующие позиции – почти 70 % общего объема перевозок всеми видами транспорта. Это достигается за счет оперативности и клиентоориентированности [2, с. 2].

Данные факты свидетельствуют о значительной роли автоперевозок в обслуживании грузопотоков, которая объясняется преимуществами использования автотранспорта и логистической инфраструктуры для повы-

шения эффективности деятельности предприятий с учетом глобализации мировой экономики. В этих условиях производителям товаров в рамках логистических подходов приходится принимать важные стратегические решения о выборе вида перевозок и возможности их интеграции в собственную хозяйственно-экономическую систему, что в современных реалиях является важнейшим фактором обеспечения конкурентоспособности любого производственного предприятия.

1. Тенденции расширения грузоперевозок автотранспортом

Значительное время использование автотранспорта сводилось к подвозу и развозу грузов от железнодорожных станций и морских портов, т.е. автоперевозкам в данном случае отводилась подсобная роль при морском и железнодорожном транспорте. Однако начиная с 1960-х гг. автотранспорт начал более активно использоваться для доставки грузов на разные расстояния, в том числе по направлениям железнодорожных перевозок. Произошло это в связи со значительным совершенствованием подвижного состава автотранспорта, погрузочно-разгрузочных средств и транспортно-логистической инфраструктуры. Такая ситуация сохраняется и в настоящее время.

Автотранспортные средства в 1960-х гг. во многом заменили железнодорожные и стали основой транспортировки грузов на всей территории США – автоперевозчики перевозят свыше 75 % национального тоннажа сельскохозяйственных продуктов и большую часть потребительских товаров [3, с. 298]. В Европе аналогичная ситуация – автотранспорт обеспечивает до 73 % объемов перевозок грузов внутри пространства ЕС, значительно опережая по этому показателю своих конкурентов – железнодорожный транспорт (16 %) и внутренний водный транспорт (5 %) [4, с. 20]. Чаще всего задача выбора вида транспорта ставится и решается в случаях, когда груз может быть отправлен железнодорожным или автотранспортом [5, с. 81].

Существуют три крупных сегмента конкуренции железнодорожного и автотранспорта в зависимости от дальности перевозок. На расстоянии перевозок до 1 000 км в основном используется автотранспорт, от 1 000 до 3 000 км – происходит активная межвидовая конкуренция данных видов транспорта, более 3 000 км – большинство железнодорожных перевозок. Мобильность и гибкость управления автотранспортом предопределяет его главенствующую роль в интермодальных схемах по отношению к морскому и железнодорожному транспорту. При вывозе контейнеров из морского порта отмечается высокая конкурентоспособность автотранспорта по отношению к железнодорожному, при доставке контейнеров на склад грузополучателя налицо незаменимость и безальтернативность автотранспорта [6, с. 23].

Грузовой автомобиль является наиболее универсальным подвижным составом по сравнению с другими видами транспортных средств, предна-

значенным для доставки грузов различного размера, веса и в разной таре на любые расстояния. Обеспеченный густой сетью автодорог автоперевозчик способен доставлять грузы от пунктов погрузки до пунктов разгрузки при нескольких местах их отправок и получения. Эти преимущества делают автотранспорт доминирующим в разных странах мира – по данным международной статистики в мире до 80 % грузовых отправок, измеряемых в метрических тоннах, и до 90 % в стоимостном выражении приходится на автотранспорт [7, с. 3].

Раздвинутое пространство автоперевозок потребовало иной организации управления, что стимулировало переход на предоставление комплексного транспортно-логистического сопровождения грузов и дополнительных услуг по их хранению и переработке. Переход на логистическую концепцию управления автоперевозками, в свою очередь, повлиял на повышение эффективности транспортно-логистического обслуживания.

Развитие логистики оказало существенное влияние на транспортную политику европейских государств и структурные изменения в деятельности автоперевозчиков, которая в конце 1970-х гг. превратилась в проблемное место в европейских странах. Для синхронизации транспортных и технологических процессов производства стали широко применяться принципы «от двери до двери» и «точно в срок», которые до внедрения логистики носили в большей степени желательный результат. Понимание столь очевидных тенденций привело к тому, что, в Европе например, в то время принят переход от жесткого государственного управления и контроля к дерегулированию деятельности национальных транспортных систем. Либерализация в основном коснулась автотранспорта, поскольку он наиболее приспособлен к перевозкам грузов различными партиями, способствующим сокращению производственных и торговых запасов и повышению их оборачиваемости. Законодательные решения обеспечили свободное создание транспортных компаний и самостоятельное формирование тарифов на автоперевозки, что привело к расширению применения автотранспорта.

Как следствие, автомобили стали все больше эксплуатироваться не только на коротких и средних расстояниях, но и на дальних расстояниях до 2 500 км, в силу чего доля автотранспорта в перевозках возросла. И здесь средняя длина одной автотранспортной перевозки составляет 500 км для общественных компаний (служб) и 250 км – для частных владельцев грузовых автомобилей [8, с. 10].

Как следствие тенденцией последних лет является вытеснение железнодорожного транспорта автомобильным в зоне межвидовой конкуренции. Здесь еще в большей степени заработали такие преимущества автотранспорта как более короткий срок доставки грузов от момента возникновения потребности до момента выгрузки на склад грузополучателя, гибкая та-

рифная система, возможность доставки «от двери до двери», нежесткие требования к упаковке груза, высокий уровень сервиса, упрощенная система оформления товаро-транспортных документов [9, с. 4].

В условиях массовых грузопотоков началась синхронизация транспортных и производственно-технологических процессов. Именно в этих условиях на интенсивное развитие и широкое использование автотранспорта активно заработали такие его особенности как способность «вписываться» в ритм процессов производства и буквально «на ходу» учитывать просьбы заказчика. И, несомненно, выигрышными оставались и такие экономические показатели как невысокая стоимость доставки, особенно при перевозках грузов на короткие расстояния, доставка грузов без промежуточных перегрузок, возможность выбора максимально коротких путей доставки грузов, а также небольшие капитальные вложения в освоение нового грузооборота на короткие расстояния [10, с. 12]. Это обусловило изменение структуры перевозок между видами транспорта. Так, на современном этапе в грузообороте соотношение между железнодорожным и его главным конкурентом автотранспортом изменилось с 4 : 1 до 1,2 : 1, с последующим ростом-превышением доли автотранспорта [1, с. 3].

Вышеописанные тенденции показывают повышение интенсивности автотранспорта, но при этом возрастает негативное воздействие автотранспорта на окружающую среду. В связи с этим в Западной Европе предпринимаются попытки ограничить рост автотранспорта на дальние расстояния. Так, в Белой книге по транспорту, опубликованной в 2011 г., рекомендуются следующие цели для пассажирских и грузовых перевозок в Евросоюзе: к 2030 г. передать 30 % перевозок грузов автотранспортом с дальностью более 300 км на железнодорожный и водный транспорт; к 2050 г. довести эту долю до 50 % [11, с. 11]. Однако сложно спрогнозировать насколько транспортные и логистические реалии реализуются в этом, невыгодном для автотранспорта, направлении на фоне постоянного повышения экологических требований для автомобилей и внедрения на них электрических источников энергии. Научно-технический прогресс может скорректировать планы Европейской комиссии.

2. Актуальность автотранспорта в логистике

Рынок автоперевозок характеризуется низкими входными инвестициями и популярностью при организации транспортно-логистических цепочек – автотранспорт востребован субъектами различного масштаба, как крупными промышленными предприятиями, так и субъектами среднего и малого бизнеса. Ему нет адекватной замены при перевозке мелкопартионных и тарно-штучных грузов на небольшие и средние расстояния, а также при необходимости срочной доставки [12, с. 131]. Также следует учитывать, что

содержание, ремонт и развитие дорожного хозяйства преимущественно финансируются государством – получается, что в тарифе автоуслуг инфраструктурная составляющая минимальна и они соответственно дешевле, чем услуги железнодорожников и водников [13, с. 3]. В связи с этим важным является стабильное финансирование автодорожной сети. В тоже время в автотранспорте велика величина переменных издержек, поскольку для каждого автопоезда нужны отдельный двигатель и водитель. От железных дорог автотранспорт отличают более низкие постоянные издержки и меньшие капиталовложения в погрузочно-разгрузочное оборудование. Интегральную оценку различных видов транспорта дают Д. Бауэррокс и Д. Клосс исходя из ряда факторов, представленных в таблице [14, с. 28]:

Таблица – Интегральная оценка различных видов транспорта

	Скорость	Доступность	Надежность	Грузоподъемн.	Частота	Итог
Железнодорожный	3	2	3	2	4	14
Автомобильный	2	1	2	3	2	10
Водный	4	4	4	1	5	18
Трубопроводный	5	5	1	5	1	17
Воздушный	1	3	5	4	3	16

Как видим, по интегральной оценке наиболее значимых показателей работы всех видов транспорта, автотранспорт выходит на первое место, обгоняя разных конкурентов, соответственно, на 4, 6, 7 и 8 баллов и нигде не опускается ниже третьего места. Привлекательность автотранспорта объясняется его относительным превосходством перед другими видами практически по всем характеристикам, за исключением грузоподъемности.

Впрочем, в рамках логистической парадигмы (частые поставки относительно малыми партиями) это не выглядит серьезным недостатком. Автотранспорт широко применяется для обслуживания среднего машиностроения и легкой промышленности, массовые перевозки между оптовыми складами и предприятиями розничной торговли осуществляются автотранспортом. Можно утверждать, что при развитии интегральных цепей поставок и популяризации принципа «точно в срок» автотранспорт сохранит свою позицию на рынке грузоперевозок, а автоперевозки сохранят центральные позиции в логистике.

Автоперевозки являются важной составляющей транспортной логистики, поскольку характеристики автотранспорта обычно в большей степени соответствуют требованиям потребителей по обслуживанию, чем при доставке другими видами транспорта. Рост численности автоперевозчиков различных форм собственности и используемого ими подвижного состава

обусловил создание и развитие логистических систем, способных не только воспринимать и использовать в «своей» работе новые технологии, но и генерировать их с учетом их же внутренних потребностей в реальном времени. Следовательно, конечной задачей организации автоперевозок является их универсализация через стандартизацию грузов, а значит согласованность, оптимизация и наибольшая эффективность их доставки от эксплуатации автотранспорта. Это достигается за счет использования потенциала подвижного состава автотранспорта на полную мощь с минимальными простоями в пути следования.

Рост эффективности автоперевозок обеспечивается техническим совершенствованием подвижного состава автотранспорта и погрузочно-разгрузочных средств, внедрением прогрессивных технологий, совершенствованием организации перевозки. Такие организационно-технические усовершенствования позволяют увеличить скорость движения подвижного состава, сократить простой под погрузочно-разгрузочными операциями, увеличить объемы перевозок. При этом задача технологии состоит в обеспечении целенаправленности процесса и очистке перевозки от «излишних» операций посредством сокращения ее продолжительности и трудоемкости за счет уменьшения числа выполняемых операций и этапов. Для этого необходимо проводить анализ транспортировки в целом от грузоотправителя до грузополучателя.

В этом контексте важны более глубокая интеграция транспортных и распределительных процессов, расширение мультимодальных перевозок и систем товарораспределения, основанных на принципах логистики. С точки зрения специализации и кооперации производства в условиях мировой глобализации изучение автотранспорта нельзя ограничивать сферой отдельных материально-технических связей. Он должен рассматриваться во всей логистической цепи – от первичного поставщика до конечного потребителя. Услуги автотранспорта пользуются спросом в том случае, если им предлагаются комплексные транспортно-логистические услуги.

Логистический подход обуславливает новое методологическое содержание, заключающееся в том, что основной составляющей перевозок должно стать проектирование оптимального транспортного процесса. Под этим понимается поиск организационных и технических решений, обеспечивающих повышение его эффективности. В комплексной системе организации продвижения грузовых потоков с мест их зарождения до мест погашения важное значение для эффективности транспортного процесса имеет рациональное и оптимальное расположение грузовых терминалов по сети единой транспортной системы страны, в которых груз перерабатывается и хранится в пути следования от производителя до потребителя [15, с. 10].

Переход на логистическую концепцию управления автоперевозками позволяет повысить эффективность транспортного обслуживания, стимулирует целостный подход к управлению перевозками, ведь в общем балансе времени доставки товара от первичного источника сырья до конечного потребителя готовой продукции доля времени на производство составляет 2 %, на транспортирование – 5 %, оставшееся время приходится на нахождение товара в других каналах распределения, и прежде всего – на терминалах и складах [16, с. 14]. В результате логистика автотранспорта выступает как интегрированная форма закупочной, транспортно-складской, производственной и сервисной логистик.

Стоит отметить, что и в Республике Беларусь возрастает роль автотранспортных услуг. Так, в общем объеме экспорта услуг экспорт автотранспорта в 2010 г. превысил долю услуг грузового железнодорожного транспорта, которая с 2005 г. постоянно снижается. Можно утверждать, что в основе развития логистического аутсорсинга и логистической системы Республики Беларусь в целом должны лежать автомобильные грузоперевозки, так как именно они пользуются возрастающим спросом со стороны иностранных поставщиков [17].

3. Организация автоперевозок в производственных процессах

Необходимыми чертами автотранспорта для его активного использования в производственных процессах являются высокая маневренность, легкая доступность в организации и выполнении перевозок грузов, наличие развитой дорожной инфраструктуры, разнообразие условий договоров перевозок, минимальные требования к упаковке груза, а также возможность доставки грузов с заданной степенью срочности или регулярности непосредственно в место потребности без промежуточных перегрузок и без больших капиталовложений в освоение малого грузооборота на малые расстояния [18, с. 206].

С учетом интересов заказчиков важно комплексно принимать в расчет как перевозку на различных типах подвижного состава, так и обработку, хранение, упаковку и распаковку, подачу материалов к производственным участкам и связанные с этим технологические процессы, сопровождающие материальный поток. Хранение грузов как функция автотранспорта менее типична, поскольку грузовые автомобили представляют собой, как правило, дорогостоящие складские мощности. Но в тех случаях, когда нужно краткосрочное хранение груза, расходы на складе на выгрузку и погрузку могут превысить потери от простоя груженых транспортных средств. Удлинение маршрутов доставки увеличивает время в пути, но и решает вопросы использования складов в пунктах отправления или назначения. Таким образом, грузовой автомобиль может использоваться как пере-

движное хранилище. Такой подход способствует оптимальному выбору способа доставки грузов, ибо оперативность перевозок и число перевалок в большей степени отражается на общих расходах, чем на стоимости транспортировки. И здесь особую роль в реализации этих требований вновь приоритет за автотранспортом.

В связи с этим вначале разрабатывается технология всего процесса транспортировки грузов, а затем отдельных этапов их перевозки. После разработки такой технологии транспортировку необходимо рассмотреть с позиции технологического единства – между техникой и технологией существует причинно-следственная связь, однако решающее значение принадлежит технике. Перевозочный процесс можно представить в виде системы, функции управления и контроля в которой моделируются синхронизацией позиций на каждой стадии.

Операции, из которых складывается процесс перевозки, неоднородны и отличаются своими временными свойствами. Некоторые операции объединяясь, создают определенные этапы этого процесса, каждый из которых выполняет свои задачи. Как отдельные операции, так и этапы процесса перевозки находятся в зависимости друг от друга – прежде чем транспортировать груз, его надо подготовить к погрузке на транспортное средство. Данный процесс является многоэтапным и многооперационным, с большой технологической, эксплуатационной и экономической разнородностью операций. Отдельные этапы процесса перевозки груза обычно рассматриваются как самостоятельные. Типовые технологические схемы процессов перевозки грузов представлены на рисунках 1-2¹.



Рисунок 1 – Схема перевозки грузов одним видом транспорта

¹ Разработаны автором на основе технологической схемы процесса перевозки (Григорьев М.Н. Логистика. Продвинутый курс: учебник для магистров / М.Н. Григорьев, А.П. Долгов, С.А. Уваров. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2014. – 734 с. С. 275-276.



Рисунок 2 – Схема перевозки грузов различными видами транспорта

Процесс доставки груза, состоящий из подачи подвижного состава, его погрузки, перевозки и разгрузки является циклом транспортного процесса (этапы 2-4, 6 рисунок 1, 2-4, 8 или 4-6, 9 рисунок 2). Различаются этапы, присущие только грузу или подвижному составу, при этом возможны совместные этапы, к которым относятся погрузка, перевозка и разгрузка. Различность этапов складирования и хранения груза, его подготовки к отправке, подачи подвижного состава под погрузку, экспедирования и других сопровождающих операций затрудняет однозначность определения процесса перевозки. С позиции перевозчиков, когда на первый план выдвигаются вопросы сокращения времени оборота подвижного состава и других технико-эксплуатационных показателей, это ограничивается временем на подачу подвижного состава, его погрузку и выгрузку, т.е. выполнение транспортного процесса.

Взаимосвязь этих процессов обеспечивает логистика, используя для этого возможности универсального транспорта – автомобильного, который обслуживает сферу обращения и продолжает производственный процесс, но не охватывает все аспекты логистики. Так, перемещение грузов технологическим транспортом является предметом изучения внутрипроизводственной логистики, а задача выбора каналов и способов грузодвижения решается в области распределительной логистики. Предметом логистики автотранспорта является рациональное перемещение грузов транспортом общего назначения с решением задач выбора типа транспортного средства, планирования транспортного процесса со складским и производственным процессами. При выборе способа транспортировки учитывают возможности использования транспортно-логистической инфраструктуры, причем современной тенденцией стала передача логистическим операторам как функций по доставке и распределению готовой продукции, так и по ее хранению и переработке.

В этих условиях производитель решает вопросы создания собственного транспортного парка или привлечения наемного транспорта либо принимается комбинированный вариант. Создание собственного парка связано с капитальными вложениями в подвижной состав и базу для его обслуживания и хранения и может быть оправдано получением выгоды в надежности и стоимости перевозок при устойчивых объемах грузов. При этом исходят из системы критериев, к которым относятся оперативность доставки, надежность доставки и сохранность груза и затраты на покупку, аренду или лизинг подвижного состава, на оплату транспортных и логистических услуг.

Наиболее часто встречающиеся критерии и их ранжирование сформулированы российским ученым М.Н. Григорьевым – надежность соблюдения времени доставки, размер затрат транспортировки «от двери до двери», общее время транзита «от двери до двери», готовность перевозчика к изменениям тарифа, финансовая стабильность перевозчика, наличие дополнительного оборудования по грузопереработке, частота сервиса, наличие дополнительных услуг по комплектации и доставке груза, потери и хищения груза, экспедирование отправок, квалификация персонала, отслеживание отправок, готовность перевозчика к изменению сервиса, гибкость схем маршрутизации перевозок, сервис на линии, процедура заявки, качество организации продаж транспортных услуг, специальное оборудование [19, с. 282].

Основные принципы организации транспортировки выделяют Д. Бауэркс и Д. Клосс [14, с. 28] – экономия за счет масштабов грузоперевозки и экономия за счет регулирования дальности маршрута. Экономия за счет масштабов перевозки связана с тем, что чем крупнее партия отправки, тем меньше транспортные расходы на единицу перевозимой продукции. Если размер отправки соответствует полной грузоподъемности или грузоемкости транспортного средства, то транспортные расходы на единицу груза будут меньше, чем при частичной загрузке. Более мощные по разовой загрузке виды транспорта (железнодорожный и водный) обходятся дешевле в расчете на единицу перевозимого груза, чем автомобильный и воздушный транспорт. Экономия за счет масштабов грузоперевозок возникает в силу того, что постоянная составляющая транспортных расходов распределяется на весь груз, так что чем он больше, тем меньше удельные издержки на транспортную единицу.

Экономия за счет регулирования дальности маршрута связана с тем, что чем он длиннее, тем меньше расходы в расчете на единицу расстояния перевозки. Этот эффект называют также принципом убывания, поскольку удельные издержки на единицу пути сокращаются по мере увеличения дальности перевозки. Экономия за счет дальности маршрута возникает в

силу тех же причин, что и экономия за счет масштабов перевозок. Постоянные издержки, связанные с погрузкой-разгрузкой транспорта, должны быть отнесены к переменным затратам на единицу пути. Чем длиннее маршрут, тем на большее расстояние распределяются эти затраты, что ведет к сокращению транспортных расходов в расчете на единицу дальности перевозок. И в этом заключается главная особенность автотранспорта перед другими видами транспорта.

Заключение

Современная логистическая концепция привела к тому, что целью взаимодействия производителей и логистов становится не извлечение максимальной прибыли для каждого из них в отдельности, а ее совокупная максимизация и справедливое совместное распределение. В этом случае главным становится понимание выгоды замены традиционных перевозок на систему сквозных доставок от места происхождения груза до места его назначения, которая обеспечивается наилучшим образом автотранспортом. Автотранспорт, являясь наиболее доступным и универсальным, дополняет производственные процессы от зарождения материального потока до его погашения. До тех пор пока отрасль автоперевозок сможет предоставлять свои услуги быстро, эффективно и с тарифами в границах, предлагаемых железнодорожным и воздушными видами транспорта, эта отрасль будет продолжать процветать [3, с. 299].

Литература

1. Владимиров, С.А. Об основных направлениях развития мировой транспортной системы и логистики / С.А. Владимиров // Вестник транспорта. – 2016. – № 2.
2. Ларионова, Т. Зоны особого внимания / Т. Ларионова // Транспорт России. – 2016. – 11–17 июля.
3. Сток, Дж. Р. Стратегическое управление логистикой: пер. с 4 англ. изд. / Дж. Р. Сток, Д.М. Ламберт. – М.: Инфра-М, 2005. – 797 с.
4. Холопов, К.В. Условия и принципы формирования единого автотранспортного пространства: опыт Евросоюза / К.В. Холопов, О.В. Соколова // Вестник транспорта. – 2015. – № 1.
5. Логистика: учеб. пос. / Под ред. Н.Г. Каменевой. – М.: Курс: Инфра-М., 2015. – 202 с.
6. Ушаков, Д.В. Автотранспорт как обязательная составляющая часть интермодальных перевозок / Д.В. Ушаков // Автотранспортное предприятие. – 2015. – август.

7. Мельникова, Т.Е. Грузовые перевозки автомобильным транспортом: вопросы институционализации субъектов перевозочной деятельности / Т.Е. Мельникова, С.Е. Мельников, Д.Б. Ефименко // Автотранспортное предприятие. – 2015. – июнь.

8. Покровский, А.К. Логистика транспортных систем / А.К. Покровский, И.А. Башмаков // Интегрированная логистика. – 2015. – № 3.

9. Полякова, И. Бизнес или «собес»? О проблемах регулирования и формирования естественных монополий в условиях конкуренции / И. Полякова // Транспорт России. – 2015. – 22-28 июня.

10. Иванов, Ф.Ф. Транспортная логистическая система Республики Беларусь в XXI веке (сегодня и завтра): монография / Ф.Ф. Иванов – Минск: РИВШ, 2007 – 104 с.

11. Развитие железнодорожного рынка в ЕС. По материалам четвертого доклада Европейской комиссии о развитии внутреннего железнодорожного рынка / Железные дороги мира. – 2014. – № 8.

12. Фасхиев, Х.А. Состояние российского рынка международных автомобильных перевозок / Х.А. Фасхиев, А.В. Крахмалева // Логистика сегодня. – 2016. – № 03 (75).

13. Лобов, В. Трудности переключения. Почему грузы «уходят» на автомобильный транспорт / В. Лобов // Транспорт России. – 2014. – 18-23 ноября.

14. Бауэррокс, Д.Дж. Логистика: интегрированная цепь поставок / Д.Дж.Бауэррокс, Д.Дж. Клосс: пер. с англ. – М.: Олимп-Бизнес, 2001. – 640 с.

15. Елисеев, С.Ю. Оптимальное размещение грузовых терминалов в системе организации транспортных грузопотоков / С.Ю. Елисеев, С.Г. Волкова // Логистика сегодня. – 2015. – № 02 (68).

16. Общий курс транспортной логистики: учеб. пос. / Л.С. Федоров [и др.]. – 2-е изд., стер. – М.: Кнорус, 2016. – 312 с.

17. Свиридович, Ю.С. Развитие экспорта аутсорсинга транспортной логистики в Республике Беларусь: состояние и перспективы / Ю.С. Свиридович [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elib.bsu.by/bitstream/123456789/148916/1/100-108.pdf>. – Дата доступа: 28.10.2016.

18. Логистика и управление цепями поставок. Теория и практика: учеб. пос. / В.Н. Гончаров [и др.]. – Минск: Мисанта, 2015. – 464 с.

19. Григорьев, М.Н. Логистика. Продвинутый курс: учебник для магистров / М.Н. Григорьев, А.П. Долгов, С.А. Уваров. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2014. – 734 с.

КАТЕГОРИИ КАРЬЕРНЫХ ДОРОГ
CATEGORIES OF PIT ROADS

Бусел Б.У., кандидат технических наук, доцент
(Белорусский национальный технический университет)

Busel Barys, Candidate of technical sciences, Associate professor
(Belarusian National Technical University)

Аннотация. *В статье приведены результаты обследования карьерных дорог по их влиянию на ресурс редукторов мотор – колёс карьерных самосвалов. Предложено классифицировать карьерные дороги по трём категориям. Использование предложенной классификации позволит повысить точность расчётов конструктивных параметров редукторов мотор – колёс карьерных самосвалов.*

Abstract. *Result of inspection of pit roads on their influence on a resource of reducers the motor wheels of dump trucks are given in the article. It is offered to classify by three categories. Use of offered classification will allow to increase the accuracy of calculations of design data of reducers the motor wheels of dump trucks.*

Дорожные условия по макропрофилю дороги при движении самосвала с грузом на подъем оказывают определяющее влияние на силу тока тяговых электродвигателей и крутящий момент на входе в редуктор мотор - колеса. Соответственно ресурс этих агрегатов будет, в первую очередь, зависеть от параметров, характеризующих макропрофиль карьерных дорог. В настоящее время общепринятыми характеристиками карьерных дорог по макропрофилю являются: величина руководящего уклона, значения максимальных уклонов дороги, глубина карьера или подъёма. Этих параметров недостаточно для правильного назначения нагрузочных режимов при проектировочных и проверочных расчётах и испытаниях трансмиссионных агрегатов, в частности, редукторов мотор-колёс карьерных самосвалов. В работе предлагаются параметры в полной мере характеризующие продольный профиль карьерной дороги как основной фактор выработки ресурса трансмиссионных агрегатов в эксплуатации, приведены конкретные параметры нагрузочных режимов.

При движении самосвала с грузом квазистатический момент на входе в редуктор формируется, главным образом, из следующих составляющих:

- момент, обусловленный суммарным дорожным сопротивлением;
- момент для разгона или торможения самосвала;
- момент, возникающий вследствие специфики распределения тяговых усилий по колесам при движении на поворотах.

Изучение экспериментально записанных реализаций и законов распределения момента [1, 2, 3] показывает, что первая составляющая является определяющей в суммарном процессе. Причем с увеличением угла подъема трассы движения ее доля в суммарном процессе растет и при превышении величины подъема более 4 % становится подавляющей. На рисунке 1 показаны полигоны распределения момента на входе в редуктор для самосвала БелАЗ-75191 при движении на подъемах разной крутизны. Видно, что с увеличением угла подъема распределение момента «сжимается» около среднего значения, соответствующего суммарному дорожному сопротивлению. Текущая величина крутящего момента в трансмиссии карьерного самосвала определяется суммарным дорожным сопротивлением в значительно большей степени, чем в трансмиссии тяжелого автомобиля общего транспортного назначения. Аналогичный вывод можно сделать и из данных, приведенных в [4]. Поэтому для анализа и оценки нагрузочного режима редукторов мотор – колес представляется возможным использовать характеристики дорожных условий.

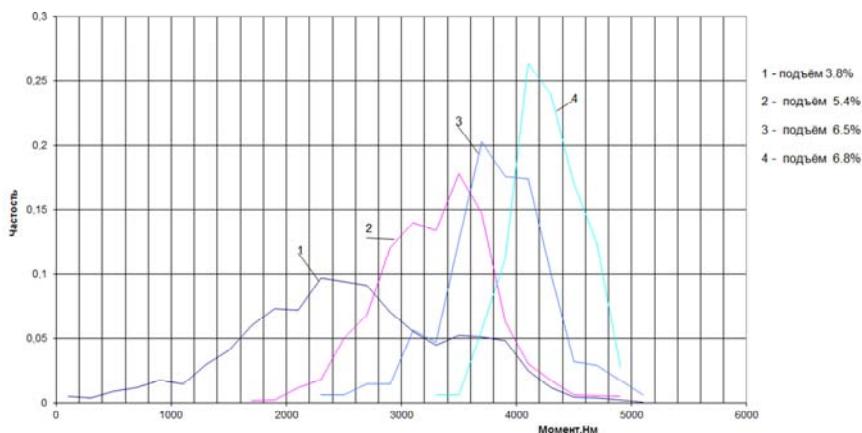


Рисунок 1 – Полигоны распределения момента при движении на подъемы самосвала БелАЗ-75191

Сопоставимый показатель накопления усталостных повреждений R в деталях трансмиссии определяется выражением

$$R = \sum_i M_i^m p_i, \quad (1)$$

где M_i – середина i -го уровня сортировки момента;

p_i – частота i -го уровня;

m – показатель степени кривой усталости.

Величина R выражается через распределение удельной тяговой силы γ_i :

$$R = \left(\frac{G_a r_k}{2u\eta} \right) \sum_i^m \gamma_i^m p_i, \quad (2)$$

где G_a – вес самосвала;

r_k – статический радиус колеса;

u и η – передаточное число и КПД редуктора соответственно.

Учитывая, что множитель $\frac{G_a r_k}{2u\eta}$ – постоянная величина для конкретно-

го самосвала, а γ_i – относительная величина, введем для дальнейшего анализа понятие «темпы накопления усталостных повреждений по удельной тяговой силе»:

$$R_\gamma = \sum \gamma_i^m p_i. \quad (3)$$

Эта величина позволяет оценивать и сопоставлять нагрузочные режимы не только для конкретного самосвала, но и для различных по конструктивным параметрам самосвалам.

Выполним оценку нагруженности, исходя из характеристики макропрофиля дороги. Момент на входе в редуктор при движении на j -й подъем стремится к величине

$$M_{j\alpha} = \frac{G_a (\alpha_j + f_j) r_k}{2\eta u}.$$

Значение $M_{j\alpha}$ будет достаточно близко к математическому ожиданию момента, зафиксированного при движении самосвала на участке трассы с подъемом α_j и коэффициентом сопротивления качению f_j . Для этого случая среднее значение удельной тяговой силы определится как

$$\gamma_{j\alpha} = \frac{2M_{j\alpha} u \eta}{G_a r_k} = (\alpha_j + f_j),$$

а выражение (3) можно записать в виде

$$R_{\gamma\alpha} = \sum (\alpha_j + f_j)^m p_j,$$

где p_j – частота j -го участка дороги с параметрами α_j и f_j , определяемая отношением его длины к протяженности дороги.

Очевидно, что параметр $R_{\gamma\alpha}$ прямо связан с величиной r_α – оценкой темпа накопления усталостных повреждений на 1 км пробега по карьерной дороге, введенной для оценки сложности технологического маршрута [10].

$$r_\alpha = \frac{\sum (f_j + \alpha_j)^3 l_j}{L},$$

где α_j и f_j – коэффициент сопротивления движению на подъем и коэффициент сопротивления качению на j -м участке дороги, м;

l_j – длина j -го участка дороги, м;

L – длина дороги, км.

В дальнейшем принимаем $m = 3$ (контактная выносливость).

На рисунке 2 показана зависимость R_γ (по выражениям (1)–(3)) от параметра r_α , полученная по экспериментальным данным. Видно, что точки пар значений $r_\alpha - R_\gamma$ группируются в узкой зоне около прямой линии. Таким образом, для задач оценки нагрузочного режима в связи с макропрофилем карьерной дороги можно использовать зависимость

$$R_{\gamma\alpha} = \frac{1}{1000} r_\alpha.$$

Учитывая, что коэффициент пробега

$$k_{\Pi} = \frac{R_\gamma}{\gamma_p^3},$$

где γ_p – расчетная удельная сила, получаем выражение для оценки коэффициента пробега по параметрам макропрофиля карьерной дороги:

$$k_{\Pi\alpha} = \frac{r_{\alpha}}{1000\gamma_p^3} .$$

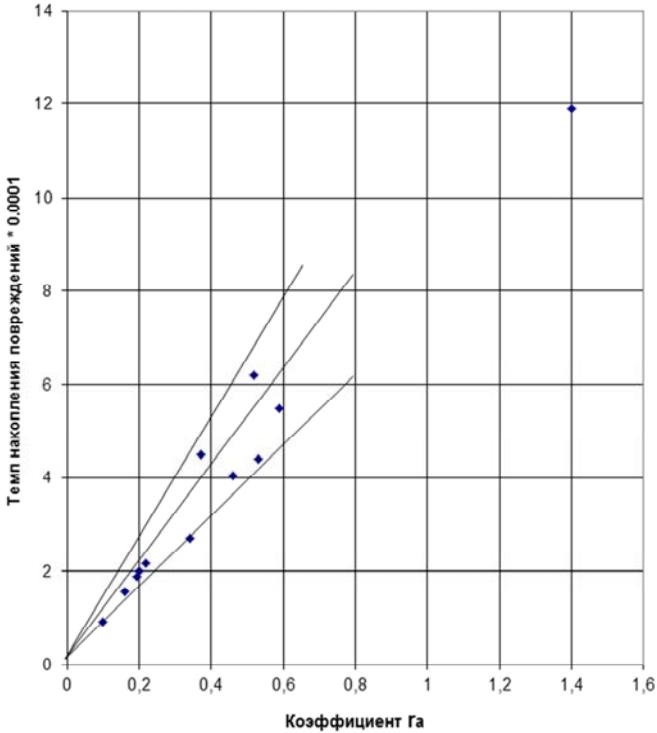


Рисунок 2 – Зависимость сопоставимого показателя накопления усталостных повреждений от коэффициента сложности карьерной дороги по макропрофилю

Следовательно, располагая величиной коэффициента r_{α} (т.е. имея гистограмму распределения углов подъема трассы), представляется возможным получить оценку величины важнейшего параметра нагруженного режима трансмиссии – коэффициента пробег. В таблице 1 приведены характеристика макропрофиля r_{α} и значения k_{Π} и $k_{\Pi\alpha}$. При расчете k_{Π} и $k_{\Pi\alpha}$ было принято $\gamma_p = 0,13$. Видно, что величина оценки $k_{\Pi\alpha}$ с удовлетворительной точностью соответствует значениям k_{Π} , определенным по гистограммам распределения момента на входе в редуктор.

Таблица 1 – Параметры карьерных дорог и нагрузочных режимов

Самосвал, дорога	Участок дороги	r_α	$R_r \cdot 10^4$	k_{Π} по распределению момента	$k_{\Pi\alpha}$ – оценка по макропрофилю	Отклонение $\frac{k_{\Pi\alpha} - k_{\Pi}}{k_{\Pi}}$, %	Отклонение $\frac{k_{\Pi\alpha}}{k_{\Pi}}$
БелАЗ-75191 Костамукша	Подъем 6,8 %	0,61	5,5	0,25	0,277	+7,6	1,076
	Подъем 5,5 %	0,55	4,4	0,20	0,25	+20,0	1,2
	Подъем 5,4 %	0,35	2,7	0,12	0,159	+29,0	1,28
	Подъем 3,8 %	0,166	1,6	0,073	0,076	-2,0	0,98
	Маршрут № 1	0,2	2,0	0,091	0,091	0,0	1,0
БелАЗ-75211 Нерюнгри	Маршрут № 1	0,1	0,92	0,042	0,046	+9,5	1,1
БелАЗ-549	Участок 0-1	0,22	2,18	0,099	0,1	+1,0	1,01
	Участок 2-3	0,46	4,05	0,184	0,209	+13,6	1,14
	Участок 3-4	1,4	11,9	0,542	0,617	+13,7	1,14
	Участок 5-6	0,37	4,5	0,205	0,168	-18,0	0,82
	Участок 6-7	0,20	1,95	0,089	0,091	+2,2	1,02
	Маршрут в целом	0,52	6,2	0,282	0,237	-16,0	0,84

В таблице 2 приведены параметры r_α и α_{\max} , характеризующие сложность карьерной дороги по макропрофилю и оценка коэффициента $k_{\Pi\alpha}$. Данные таблицы 2 представлены в графическом виде на рисунке 3. При расчете оценки $k_{\Pi\alpha}$ принято, что $\gamma_p = 0,13$. Рекомендуемый в работе [5] нагрузочный режим для расчета деталей редукторов мотор-колес соответствует зоне на графике (рисунок 3), ограниченной $r_\alpha = 0,4$ и $k_{\Pi\alpha} = 0,18$. В этой зоне находятся параметры всего 8^{ми} дорог из 44 обследованных. Поэтому можно утверждать, что нагрузочный режим [1] отражает легкие и средние по сложности макропрофиля условия эксплуатации карьерных самосвалов особо большой грузоподъемности. Действительно, испытания [6, 8], на основе которых разработаны рекомендации [5], проведены в сравнительно легких дорожных условиях. К ним относятся испытания в Костамукшском ГОКе и в ПО «Якутуголь» (БелАЗ-75211). Испытания самосвала БелАЗ-549 [7] проведены в сравнительно более тяжелых дорожных условиях по макропрофилю. По различным заездам k_{Π} находится в диапазоне 0,27–0,32, а коэффициент $r_\alpha = 0,48$ –0,65. В сравнительно тяжелых условиях проведены испытания самосвала БелАЗ-7519 в ПО «Печенганикель» [1]. Значение коэффициента пробега равно 0,23. Следует отметить, что по результатам этих

испытаний Каноник И.В. рекомендовал принять для расчетов долговечности $\gamma = 0,15$ и $M_p = 7000$ Нм, (против $M_p = 6100$ Нм и $\gamma = 0,13$ для других испытаний этого же самосвала) коэффициент пробега при этом становится равным 0,15. В связи с приведенными данными следует отметить, что ширина диапазона эксплуатационных дорожных условий является довольно широкой, коэффициент r_α изменяется в пределах 0,1–1,2. Поэтому целесообразно дорожные условия эксплуатации по макропрофилю карьерных самосвалов особо большой грузоподъемности разделить на три категории:

категория № 1 – легкие и средние условия эксплуатации $r_\alpha = 0,1-0,4$;

категория № 2 – умеренно тяжелые условия эксплуатации $r_\alpha = 0,41-0,72$;

категория № 3 – тяжелые условия эксплуатации $r_\alpha > 0,72$.

Таблица 2 – Параметры обследованных карьерных дорог

№ дороги	r_α	α_{\max}	$\sum (\alpha_j + f_j)^m p_j$	$k_{П\alpha}$ при $\gamma_p = 0,13$	$k_{П\alpha}$ при $\gamma_p = 0,15$
1	2	3	4	5	6
1	0,23	8,5	0,00023	0,105	0,07
2	0,09	8,8	0,00009	0,041	0,027
3	0,27	8,1	0,00027	0,123	0,08
4	0,4	8,6	0,00040	0,182	0,12
5	0,36	11,7	0,00036	0,164	0,106
6	0,6	11,0	0,00060	0,273	0,178
7	0,54	11,9	0,00054	0,246	0,16
8	0,78	16,0	0,00078	0,355	0,23
9	0,46	8,0	0,00046	0,209	0,136
10	0,74	12,3	0,00074	0,337	0,219
11	0,63	11,5	0,00063	0,287	0,187
12	0,93	19,7	0,00093	0,423	0,276
13	0,51	10,2	0,00051	0,232	0,151
14	0,62	11,5	0,00062	0,282	0,184
15	0,53	9,0	0,00053	0,24	0,157
16	0,56	9,6	0,00056	0,255	0,166
17	0,81	13,0	0,00081	0,369	0,24
18	0,84	13,5	0,00084	0,382	0,25
19	0,83	12,7	0,00083	0,378	0,246
20	0,60	8,2	0,00060	0,273	0,178
21	0,70	10,0	0,00070	0,319	0,207
22	0,93	13,0	0,00093	0,423	0,276
23	0,91	10,0	0,00091	0,414	0,270
24	0,90	10,0	0,00090	0,410	0,267
25	0,83	12,0	0,00083	0,378	0,246

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6
26	0,93	11,4	0,00093	0,423	0,276
27	0,98	11,4	0,00098	0,446	0,29
28	0,99	10,0	0,00099	0,451	0,293
29	0,88	8,0	0,00088	0,40	0,261
30	0,79	11,0	0,00079	0,36	0,234

В таблице 2 и на рисунке 4 показаны значения максимального угла подъема на карьерных дорогах в связи с коэффициентом r_α . Видно, что в зоне значений $r_\alpha \geq 0,4$ максимальный подъем составляет 8–9 %, в зоне, соответствующей 2 категории, наиболее вероятны максимальные подъемы 10–12 %, в зоне 3 категории максимальные подъемы могут превышать 15 %. Очевидно, что это обстоятельство требует корректировки значений удельной расчетной силы тяги по категориям. Предлагается для первой категории дорожных условий эксплуатации оставить $\gamma_p = 0,13$ [1, 6], для второй категории использовать $\gamma_p = 0,14$ и для третьей – $\gamma_p = 0,16$.

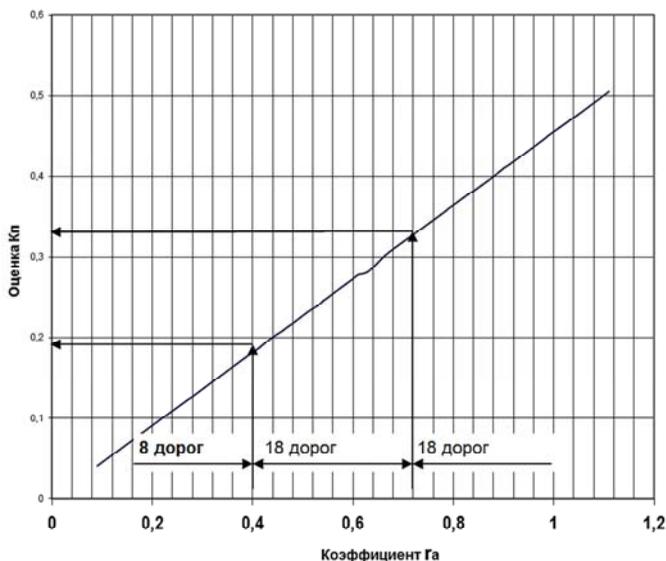


Рисунок 3 – Зависимость оценки $K_{п}$ от коэффициента сложности дороги r_α

Для расчетов долговечности деталей редукторов применительно к первой категории дорожных условий рекомендуется принимать $\gamma_p = 0,13$ и $k_{пн} =$

= 0,18; для расчетов применительно ко второй категории $\gamma_p = 0,14$ и $k_{ПН} = 0,24$; для расчетов применительно к третьей категории $\gamma_p = 0,16$ и $k_{ПН} = 0,24$.

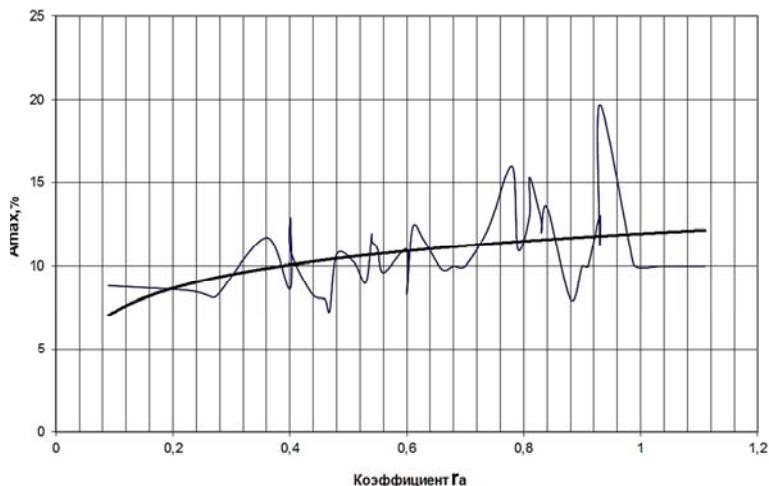


Рисунок 4 – Связь максимального угла подъема и коэффициента сложности дороги r_a

Следует отметить что увеличение углов подъемов карьерных дорог рассматривается добывающими организациями как путь снижения затрат на создание и поддержание дорожной сети карьеров. Кроме этого, увеличение углов подъемов и утяжеление макропрофилей дорог в целом является прямым следствием заглубления карьеров со временем. В настоящее время все больше карьеров переходят в категорию глубоких. Динамика утяжеления дорожных условий по макропрофилю четко прослеживается при анализе реализаций макропрофиля карьеров, полученных нами с интервалом 5–8 лет. Поэтому БелАЗу рекомендуется при расчетах и проектировании редукторов мотор-колес для самосвалов использовать нагрузочный режим 2 категории эксплуатации, т.е. $\gamma_p = 0,14$ и $k_{ПН} = 0,22–0,25$.

В связи с рекомендациями, данными выше, представляет интерес планирование дорожных условий по макропрофилю на перспективу, в частности, зарубежными добывающими фирмами. В таблицах 3 и 4 представлены параметры макропрофиля карьера Чилийской медно-рудной компании на период до 2010 года и с 2010 года. Глубина карьера фактически не изменяется, но длина дороги на подъем уменьшается на 1880 метров за счет увеличения углов r_a . Очевидно, что для таких условий расчет должен вестись по параметрам нагрузочного режима для 3 категории.

Таблица 3 – Параметры дороги на период 2000 г. – 2010 г.

Проектный вариант эксплуатации на период до 10 годов					
Трасса S2W(211)-exp47W			Отвал SBL		
Уча- сток	% угла накло- на (ската)	Горизонт. дистанция, м	Дистанция под наклоном, м	Общая ди- станция, м	% дистанции под наклоном
1-1	0,0 %	280		280	0,00 %
1-2	9,0 %		1235	1235	100,00 %
1-3	0,0 %	270		270	0,00 %
1-4	9,0 %		833	833	100,00 %
1-5	0,0 %	330		330	0,00 %
1-6	9,0 %		2048	2048	100,00 %
1-7	0,0 %	430		430	0,00 %
1-8	10,0 %		563	563	100,00 %
1-9	0,0 %	250		250	0,00 %
1-10	8,0 %		1425	1425	100,00 %
1-11	0,0 %	240		240	0,00 %
1-12	10,0 %		1266	1266	100,00 %
1-13	0,0 %	4010		4010	0,00 %
1-14	8,0 %		201	201	100,00 %
Всего		5810	7571	13381	56,58 %

Таблица 4 – Проектный вариант дороги на период с 2010 г. и далее

Трасса S2W(211)-exp47W			Отвал SBL		
Участок (марш- рут)	% угла наклона (ската)	Горизонт. дистанция, м	Дистанция под наклоном, м	Общая ди- станция, м	% дистанции под наклоном
1-1	0,0 %	280		280	0,00 %
1-2	12,0 %		926	926	100,00 %
1-3	0,0 %	270		270	0,00 %
1-3	12,0 %		625	625	100,00 %
1-5	0,0 %	330		330	0,00 %
1-6	12,0 %		1536	1536	100,00 %
1-7	0,0 %	430		430	0,00 %
1-8	12,0 %		469	469	100,00 %
1-9	0,0 %	250		250	0,00 %
1-10	12,0 %		950	950	100,00 %
1-11	0,0 %	240		240	0,00 %
1-12	12,0 %		1055	1055	100,00 %
1-13	0,0 %	4010		4010	0,00 %
1-14	12,0 %		134	134	100,00 %
Всего		5810	5695	11505	49,50 %

Предлагаемая классификация дорожных условий эксплуатации позволяет ОАО «БелАЗ» при конструировании трансмиссионных агрегатов дифференцированно выбирать нагрузочные режимы с учётом назначения машин по условиям эксплуатации и обоснованно назначать и выполнять гарантийные обязательства, планировать производство и поставки запчастей.

Литература

1. Определение параметров нагрузочного режима и расчет зубчатых колес и подшипников редукторов мотор-колес самосвалов БелАЗ-7519 и БелАЗ-75211: отчет о НИР / Министерство автомобильной промышленности СССР, НАМИ, рук. работы И.В. Каноник. – Минск, 1986. – 41 с.
2. Исследование долговечности и динамической нагруженности редуктора мотор-колеса автомобиля БелАЗ-549, х/д № 128: отчет о НИР / Белорусский политехнический институт, рук. работы В.Г. Ревский. – Минск, 1973. – 42 с. – № госрегистрации 72056721.
3. Исследование виброактивности электромотор-колес карьерных самосвалов БелАЗ, х/д № 1579: отчет о НИР / Белорусский политехнический институт, рук. работы Б.У. Бусел. – Минск, 1985. – 115 с. – № госрегистрации 01.83.0016079
4. Кулешов, А.А. Пневмоколесные машины с бортовыми приводами и мотор-колесами / А.А. Кулешов, И.И. Марголин. – М.: Машиностроение, 1975. – 312 с.
5. Нагрузочные режимы редукторов мотор-колес карьерных самосвалов / И.В. Каноник [и др.] // Сборник научных трудов НАМИ. – 1990. – С. 61–66.

УДК 656.11

ТРАНСПОРТНЫЙ ПОТОК КАК ВОЛНА THE TRANSPORT FLOW AS A WAVE

Гук В.И., доктор технических наук, профессор
(Харьковский национальный университет строительства и архитектуры)

Hook V.I., Doktor of Technicfl Sciences, Professor
(Kharkov National University of Construction and Architecture)

Аннотация. Освещаются волновые свойства транспортного потока и его характеристик для целей совершенствования организации дорожного движения, управление движением автоматизированными системами, проектирования улично-дорожных структур и повышения их пропускной способности.

Abstract. *Covering the wave properties of traffic flow and its characteristics for the purpose of improving traffic management, traffic control automation systems, design of the street and road structures and increase their capacity.*

Понятие волны является одним из обобщающих понятий в физике, под которым принято понимать некоторое состояние или некоторый процесс. Наличие волн в явлении, которое изучается, позволяет «много сказать об этом явлении и много предусмотреть о нем, даже если нам не совсем понятный механизм возникновения и передачи найденных волн» [8, стр. 12].

Как известно, волны имеют определенные качества, характеристики и параметры, потому рассмотрим их согласование с состоянием и движением транспортного потока, учитывая при этом установленные в транспортном потоке различные колебания.

Движущая волна переносит энергию – автомобили также переносят энергию. Движущая волна имеет импульс – автомобили тоже имеют импульс (удар). Волны имеют конечную скорость – автомобили тоже имеют конечную скорость при преодолении пространства дороги.

Для того, чтобы волны имели возможность распространяться в транспортном потоке, он должен представлять собой непрерывную среду. В постановке исследуемой проблемы транспортный поток рассматривается как поток движущихся динамических габаритов, то есть непрерывный поток.

Обоснуем непрерывность транспортного потока на основе системного подхода. Система «транспортный поток» состоит из достаточно большого количества автомобилей, которые двигаются по одной полосе улицы или дороги, связанных в одну группу, потому среднее расстояние между соседними автомобилями становится достаточно малым. В пределах число автомобилей на дороге возможно считать бесконечно большим, при этом расстояние между автомобилями, особенно во время затора, будет стремиться к нулю, и потому система «транспортный поток» будет вести себя так, как если бы она была бы непрерывной. Данное положение порозумевает, что движение соседних автомобилей почти повторяет движение расчетного автомобиля [7].

Кроме того, транспортный поток – это гибкая среда, поскольку действия водителей предотвращают столкновения и деформации. Движение одного автомобиля в пространстве дороги будем рассматривать как движение моды распределения его скорости. Тогда движение группы автомобилей транспортного потока по магистралям с регулируемым движением будет описано как суперпозиция всех его мод с амплитудами и фазовыми константами, которые были определены из начальных условий и экспериментальных данных. Под термином «мода» в исследовании принимаем

характеристику собственных изменений скорости автомобиля в пространстве вместе с конфигурацией распределения.

Мода группы автомобилей будет представлять собой, согласно многих экспериментальных наблюдений [1, 3], форму нормального распределения скорости.

Для движения группы автомобилей с одинаковой скоростью мода будет без дисперсной. Когда скорость автомобилей в группе неодинакова – одни отстают, а другие едут вперед, группа начнет растягиваться при своем движении, потому мода будет зависеть от интервалов между автомобилями, то есть от частоты их движения. И определяться как дисперсная мода.

Кроме вышерассмотренных волн транспортного потока, волнами будут также и разные возбуждения его состояния, которые распространяются в пространстве со временем. В таблице 1 приведены уравнения состояний и уравнение волн скорости, плотности, количества потока (групп), инерционности, интенсивности, удельной интенсивности, смещения, которые возникают в транспортном потоке, и скорость распространения этих волн или ударные (обратные, шоквые) волны.

Таблица 1 – Волны разных характеристик транспортного потока

№ п/п	Уравнение состояния	Волны переменных	Характеристика распространения волн (возмущений)
1	2	3	4
1	Интенсивность	Скорости	Плотность
1.1	$N(Q) = V(Q)Q(V)$	$V(Q) = N(Q)/Q$	$\frac{dN}{dV} = Q_m \left(1 - \frac{2V}{V_o} \right)$
1.2		Плотности	Скорость
		$Q(V) = N(V)/V$	$\frac{dN}{dQ} = V_o \left(1 - \frac{2Q}{Q_m} \right)$
2	Количество потока	Инерционности	Инерционность
2.1	$V(\lambda) = J(\lambda)$	$J(V) = (V)/V$	$\frac{d\lambda}{dV} = J_o \left(1 - \frac{2V}{V_o} \right)$
2.2		Групп автомобилей	Дистанция
		$\lambda(Q) = Q(L)L$	$\frac{d\lambda}{dQ} = \hat{L} \left(1 - \frac{2Q}{Q_m} \right)$

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
3	Количество движения	Групп автомобилей	Квадрат дистанции
3.1	$D(\lambda) = L(\lambda)$	$\lambda(L) = D(L)/L$	$\frac{dD}{dQ} = \hat{L}^2 \left(1 - \frac{2Q}{Q_m} \right)$
3.2		Пути $L(\lambda) = D(\lambda) / \lambda$	Количество движения $\frac{dD}{dV} = \hat{L} J_0 \left(1 - \frac{2V}{V_o} \right)$
4	Напряженность	Интенсивности	Градиент плотности
4.1	$C = LN - 1$	$N(L) = LC - 1$	$\frac{dU}{dV} = \frac{Q_m}{L} \left(1 - \frac{2V}{V_o} \right)$
4.2	$U = NL - 1$	Удельной интенсивности $U(L) = N(L)/L$	Удельная интенсивность $\frac{dN}{dL} = U' = -\frac{Q_m}{t}$
5	Работа потока	Мобильности	Неравномерность движения
5.1	$H(L) = N(L)L$	$L(N) = N(L)/H$	$\frac{dH}{dQ} = V_o L \left(1 - \frac{2Q}{Q_m} \right) = \beta$
5.2		Интенсивности $N(L) = H(L)/L$	Количество потока $\frac{dH}{dV} = \lambda' = Q_m L \left(1 - \frac{2V}{V_o} \right)$
6	Дорожный потенциал	Количество потока	
6.1	$E_d(V) = J(V)V^2$	$E_d = \frac{J}{2} V^2$	$\frac{dE_d}{dV} = \lambda' = J_o V \left(1 - \frac{3V}{2V_o} \right)$, авт.
7	Транспортный потенциал	Количества потока	
7.1	$E_T(N) = \frac{N^2}{C(N)}$	$E_T = LN$	$\frac{dE_T}{dV} = \lambda' = \frac{\hat{L}}{2} Q_m \left(1 - \frac{2V}{V_o} \right)$, авт.

Окончание таблицы 1

1	2	3	4
8	Работоспособность потока (ексегрія)	Количества потока $\lambda(V) = E(V)/V$	$\frac{dE}{dV} = \hat{L}Q_m \left(1 - \frac{Q}{Q_m}\right) \left(1 - \frac{2V}{V_o}\right)$, авт
8.1	$E = E_T + E_D$	Мобильность $\beta(Q) = E(Q)/Q$	$\frac{dE}{dQ} = \hat{L}V_o \left(1 - \frac{V}{V_o}\right) \left(1 - \frac{2Q}{Q_m}\right)$, км ² /ч
9	Объем движения (мощность)	Интенсивности	
9.1	$M(V) = N(V)V$	$N(V) = M(V)/V$	$\frac{dM}{dV} = 2Q_m V \left(1 - \frac{3V}{2V_o}\right)$, авт./ч
9.2		Квадрат скорости $V = M(V)/N(V)$	$\frac{dM}{dQ} = V^2 = V_o^2 \frac{Q}{Q_m} \left(\frac{3Q}{Q_m} - 2\right)$, км ² /ч

Из приведенного перечня обратных волн (в научной работе принят этот термин, который более отвечает физике транспортного процесса) в настоящее время опубликован ряд работ только по волнам плотности, таблица 6.1 (1.1).

Впервые данные волны как кинематические, были описаны на основании гидродинамической аналогии Лайтхиллом и Уиземом и 1955 г. и далее изучаются в работах [1, 2, 5, 6, 7]. Ф. Хейт [3] ввел обратные волны, как одно из требований проверки соответствия модели транспортного потока действительности. Ряд исследователей рекомендует использовать обратные волны для выявления заторов и передзаторовой ситуации в АСУ-Д [1, 4, 7].

Таким образом, в транспортной теории изучались только волны плотности по уравнениями неразрывности и обратные волны как производные, то есть недостаточно полно.

В физике волны принято характеризовать скоростью распространение волны (фазовой скоростью) c , что численно равняется расстоянию, которое за единицу времени проходит любая точка волновой поверхности:

$$c = \frac{d\chi}{dt}, \quad (1)$$

то есть это первая производная функции от аргумента. Разные виды скорости распространения возмущений приведены в 4-й колонке таблицы 1.

На диаграмме транспортного потока скоростью волны есть прямая, касательная к параболической зависимости $N(Q)$, $c = dN/dQ$. Для графической подачи волн важное значение имеет фронт волны, которая распространяется на расстояние

$$\Delta x = c\Delta t. \quad (2)$$

Для анализа физической стороны процесса необходимо знать длину волны:

$$\ell = cT = \frac{c}{f} = \frac{2\pi}{k} = \frac{2\pi f}{\omega}, \quad (3)$$

где T – период, $T = 1/f$;

f – частота, число гребней, которые проходят через пересечение за единицу времени;

k – волновой вектор (волновое число), который показывает сколько волн данной длины заключаются на расстоянии, равном единичной длине.

В непрерывном транспортном потоке длину волны будем аппроксимировать расстоянием между автомобилями (модами их скорости) или между группами автомобилей; период – временным интервалом между автомобилями или светофорным циклом; частоту – количеством автомобилей, которые проходят через пересечение за единицу времени или количеством групп. Волновое число тогда будет характеризовать пропускную способность.

Необходимо также отметить, что волны транспортного потока – это плоские волны.

Рассмотрены разные виды волн транспортного потока на основе представления потока как динамической системы дифференциальными уравнениями.

Таким образом, движение транспортного потока по городским магистралям описывается движением волн скорости, интенсивности и плотности, уравнения и характеристики которых позволяют решать прикладные задачи управления дорожным движением, проектирования городских магистралей и улично дорожных сетей и выполнять оценку качества существующего дорожного движения в городах.

Литература

1. Дрю, Д. Теория транспортных потоков и управление ими / Д. Дрю; пер. с англ. под ред. Н.П. Бусленко. – М.: Транспорт, 1972. – 424 с.
2. Уизем, Дж. Линейные и нелинейные волны / Дж. Уизем; пер. с англ. – М.: Мир, 1977. – 622 с.
3. Хейт, Ф. Математическая теория транспортных потоков / Ф. Хейт; пер. с англ. – М.: Мир, 1966. – 286 с.
4. Гаврилов, А.А. Конструирование гидродинамической модели потока автомобилей / А.А.Гаврилов, А.И. Корнеев // Безопасность транспортного процесса. – М.: НИИАТ, 1978. – С. 24–39.
5. Гейзис, Д.К. Теория транспортных потоков / Д.К. Гейзис, Л.К. Эдай // Проблемы перевозок; пер. с англ. (Тр. ин-та инж. по электротехнике и радиоэлектронике) – М.: Мир, 1968. – Т. 56, № 4. – С. 93–108.
6. Филиппов, В.В. Моделирование автомобильного потока с использованием цепей Маркова / В.В. Филиппов // Некоторые вопросы исследования транспортных потоков. –М.: ЦЕМИ, 1976, С. 41–47.
7. Гук В.І. Транспортні потоки: теорія та її застосування в урбаністиці: монографія / В.І. Гук, Ю.М. Шкодовський. – Х.: Золоті сторінки, 2009. –232 с.
8. Пирс, Дж. Почти всё о волнах / Дж Пирс.; пер. с англ. – М.: Мир, 1978. – 178 с.

УДК 658.16

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ РЕСТРУКТУРИЗАЦИИ СУБЪЕКТА ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ

CONCEPTUAL FOUNDATIONS OF THE RESTRUKTURING OF A BUSINESS ENTITY

Гайнутдинов Э.М., доктор экономических наук, профессор;

Поддерезина Л.И., кандидат экономических наук, доцент;

Поддерезин Е.В., соискатель

Gainutdinov E.M., Doctor of Economic Sciences, Professor;

Paddziarohina L.I., Candidate of Economic Sciences, Docent;

Paddziarohin E.V., competitor

Аннотация. *Излагаются основные положения проведения текущей и стратегической реструктуризации отечественных предприятий с использованием опыта стран с развитой рыночной экономикой, что способствует повышению эффективности внутрипроизводственных отношений на отечественных промышленных предприятиях. Рассмотрена сущность по-*

ятий: реструктуризация, бюджетирование, инжиниринг, реинжиниринг бизнес-процессов, логистика, тотальное управление качеством, система «точно в срок», логистика. Приведены авторские их определения и предложения по этапному внедрению производственных новаций.

Реструктуризация, бюджетирование, инжиниринг, реинжиниринг бизнес-процессов, логистика.

Abstract. *The article outlines the main provisions of the current and strategic restructuring of domestic enterprises using the experience of countries with developed market economies, which contribute to the effectiveness of industrial relations at local factories. There is considered the essence of concepts in the article: restructuring, budgeting, engineering, re engineering business-process, total quality management – TQM), (just-in-time – JIT), logistics. There is given the authors view about the essence. There is given offers for the stage inculcate production innovation.*

Restructuring, budgeting, engineering, re engineering business-process, logistics.

Проблема исследования заключается в том, что попытка создать рыночные отношения за короткие промежутки времени не привели к ожидаемому результату как в области национальной экономики Республики Беларусь в целом, так и на уровне субъектов хозяйствования и их внутрипроизводственных отношений. Хотя за время существования нашего государства произошли определенные изменения в области реформирования национальной экономики страны и сделаны определенные шаги по реструктуризации субъектов хозяйствования различных форм собственности. Причиной такого положения являются объективные трудности указанных процессов. Представление о том, что можно в короткое время построить рыночные отношения в стране оказались нереальными.

Задачей настоящего исследования является выявление основных факторов, способствующих утверждению рыночных основ хозяйствования на уровне внутрипроизводственных отношений.

Реструктуризация отечественных субъектов хозяйствования любой формы собственности обусловлена требованиями рыночной системы общественного производства.

По утверждению Е.Г. Ойхмана и В.М. Попова субъекты хозяйствования столкнулись с коренными изменениями, связанными с потребителями и конкуренцией [1]. По мнению М. Хаммера и Дж. Чампи... «если компания не в состоянии находиться на уровне с мировыми лидерами в области производства своей продукции, то в будущем для нее вообще не будет места в бизнесе» [2].

Теоретические и практические аспекты реструктуризации субъектов хозяйствования в условиях трансформации экономики, способствующие

становлению рыночных отношений нашли отражение в трудах следующих ученых-экономистов: Абалкина Л.И., Аистовой М.Д., Друри К., Ириковой В.А., Пелиха С.А., Мазура И.И., Попова В.М., Прокушева Е.Ф., Ойхмана Е.Г., Райзберга Б.А., Робсона М., Сухаревой, О.С., Уллаха Ф., Хаммера М., Тутунджяна А.К., Чампи Д., Davenporta T., Short J. E., Murray M.A., Priesmeyera H.R., Sharpa L.F., Jemsena R., Jemsena G. и др.

Ряд вышеперечисленных ученых считают, что к мероприятиям по реструктуризации субъектов хозяйствования Республики Беларусь в настоящее время относятся: определение главного направления их производственно-коммерческой деятельности и правомочность; ликвидация структурных подразделений не создающих добавленную стоимость, выход подразделений из их состава; создание дочерних подразделений; внедрение новационных технологических процессов; освоение новых видов продукции; создание центров прибыли; формирование персонала и ответственных исполнителей; продажа или сдача в аренду основных производственных фондов, их коммерческое использование и др.

В настоящее время ученые-экономисты под реструктуризацией понимают структурную (юридическую), организационную, управленческую и финансовую адаптацию субъектов хозяйствования к условиям рыночной экономики. Выделяют текущее (краткосрочное) реструктурирование и стратегическое (долгосрочное) реструктурирование. Текущее реструктурирование обеспечивает им выживаемость в краткосрочной перспективе. Основу его составляет структурная и финансовая реструктуризация, которая связана с бюджетными ограничениями, ликвидацией долговых обязательств, реорганизацией собственного капитала, юридическим статусом на основе «акционирования» и др. Стратегическое реструктурирование (долгосрочное) реализует принятие перспективных целевых программ, касающихся всех сфер деятельности субъектов хозяйствования [3].

Представляется, что реструктуризация – это организационно-техническое совершенствование производства, направленное на реализацию рыночных систем управления.

В основе реструктуризации отечественных субъектов хозяйствования должны находиться нововведения, используемые в странах с развитой рыночной экономикой: инжиниринг, реинжиниринг бизнес-процессов бюджетный метод руководства, контроллинг, логистика, тотальное управление качеством (total quality management – TQM), система «точно в срок» (just-in-time – JIT), концепция «подвижного» и «виртуального» производств с использованием GALS-технологии. Указанные инновации тесно связаны.

По утверждению Обэр-Крие бюджетный метод руководства это – один из способов изучения субъекта хозяйствования и управления им. Однако среди ученых-экономистов и практиков нет единства в понимании сущно-

сти этого метода. Одни представляют его себе как инструмент финансового управления, другие как метод, связанный с отчетностью (общая бухгалтерия, аналитическая бухгалтерия, предвидение и бюджетный контроль), третьи – техническим методом, использующим отчетность, но служащим для осуществления общей политики предприятия [4].

По мнению Стояновой Е.С. «Процесс бюджетирования является составной частью финансового планирования, т.е. процесс определения будущих действий по формированию и использованию финансовых ресурсов. Он обеспечивает взаимосвязь доходов и расходов на основании взаимосвязки показателей развития субъекта хозяйствования и его финансовыми ресурсами. Бюджет – это количественное воплощение плана, характеризующее доходы и расходы на определенный период, и капитал, который необходимо привлечь для заданных планом целей» [5].

Новационным для отечественного производства является инжиниринг. На основании из [6] инжиниринг – это технические услуги, необходимые для развития инновационной деятельности субъектов хозяйствования. Существуют следующие разновидности инжиниринга: консультативный (consulting engineering) – интеллектуальные услуги в целях проектирования объектов, разработки планов строительства и контроля за проведением работ; технологический (process engineering) – предоставление заказчику технологии или технологий, необходимых для строительства промышленного объекта и его эксплуатации и др.; строительный или общий (constructing engineering), – это поставки оборудования, техники и (или) монтаж установок, включая при необходимости инженерные работы; финансовый – самая молодая и пока не достаточно изученная область. Его суть состоит в создании новых финансовых продуктов и услуг, которые используются при распределении ресурсов, выявлении рисков и др. в соответствии с финансовыми потребностями клиентов и изменениями в макро- и микроэкономической ситуации.

Таким образом инжиниринг – это оказание технических и финансовых услуг при создании нового продукта в условиях рыночных производственных отношений.

Инжиниринг бизнеса включает реинжиниринг бизнес-процессов и усовершенствование бизнеса. М. Хаммер и Дж. Чампа определяют реинжиниринг как «фундаментальное переосмысление и радикальное перепроектирование деловых процессов для достижения резких, скачкообразных улучшений в решающих, современных показателях деятельности компании, таких как: стоимость, качество, сервис и темпы». «Реинжиниринг игнорирует то, что есть, он нацелен на то, что должно быть» [2]. Э.Г. Ойхман и В.М. Попов понимают под реинжинирингом «кардинальное улучшение основных показателей деятельности предприятия путем моделирования,

анализа и перепроектирования существующих бизнес-процессов» [1]. Реинжиниринг – это система, которая объединяет в единое целое все процессы, происходящие на предприятии для достижения поставленной цели с использованием информационных технологий [14]. Таким образом, реинжиниринг – это совершенствование организационно-технических факторов производства с целью реализации системы новационных бизнес-процессов.

Его применение связано с минимизацией затрат на протяжении всего производственного цикла изготовления продукции, максимизацией прибыли субъектов хозяйствования, созданием эффективной системы управления им.

Существует множество определений бизнес-процессов. По утверждению Хаммера Ч. «...это – совокупность различных видов деятельности, в рамках которой «на входе» используется один или более видов ресурсов, и в результате этой деятельности «на выходе» создается продукт, представляющий ценность для потребителя» [2]. По определению Davenport Т.Н., Short J.E. «...бизнес-процесс это – набор логически взаимосвязанных действий, выполняемых для достижения определенного выхода бизнес-деятельности» [7]. По утверждению Deming W.E. бизнес-процесс – это «Любые виды деятельности в работе организации» [8]. По мнению из [9] бизнес-процесс – это «Систематизированное последовательное исполнение функциональных операций, которые приносят специфический результат».

Таким образом бизнес-процесс – это процесс изготовления продукции, обеспечивающей его конкурентоспособность на рынке.

Бизнес-процессы пронизывают производственно-коммерческую и финансовую деятельность субъектов хозяйствования и ориентированы на удовлетворение потребностей рынка. К ним относятся следующие виды бизнес-процессов: основные, вспомогательные, обслуживающие, управления.

По мнению ученых-экономистов Пелиха С.А. и др. в настоящее время существуют в основном следующие подходы к реинжинирингу бизнес-процессов: революционный, эволюционный, эволюционно-революционный. При революционном подходе происходит быстрая и болезненная перестройка старого экономического механизма субъекта хозяйствования (структуры управления, внутривы производственных отношений, ведение бизнеса и др.). Эволюционный подход способствует проведению реинжиниринга бизнес-процессов, способствующего их постепенному улучшению качества. Эволюционно-революционный подход способствует поддержанию равновесия между постоянством и новационными предложениями [3].

Реинжиниринг бизнес-процессов тесно связаны со стратегическим управлением. По утверждению из [9] и других реинжиниринг и тотальное управление качеством ((total quality management – TQM) имеют совпадающие точки зрения. Различие в том, что TQM за основу принимает существующие процессы, которые требуют улучшения (усовершенствование

существующего), а реинжиниринг заменяет существующие на новые. То есть TQM и реинжиниринг бизнес-процессов работают как взаимосвязанные элементы. Первоначально нужно проводить реинжиниринг, а затем TQM. «Реинжиниринг бизнес-процессов – это концепция, которая может применять TQM в перспективе, особенно учитывая то, что тотальное управление качеством – только один из методов проведения реинжиниринга бизнес-процессов».

К инструментарию проведения реинжиниринга бизнес-процессов относят логистику и контроллинг.

Наиболее распространенное определение логистики содержится в терминологическом словаре: «Логистика (logistics) – наука о планировании, контроле и управлении транспортированием, складированием и другими материальными и нематериальными операциями, совершаемыми в процессе доставки сырья и материалов до производственного предприятия, внутри-производственной переработки сырья, материалов и полуфабрикатов, доведения готовой продукции до потребителя в соответствии с интересами и требованиями последнего, а также передачи, хранении и обработки соответствующей информации», или – это управление потоками всех взаимосвязанных видов ресурсов как единым целым [13]. По утверждению из [3] логистический подход обеспечивает системность и целостность, оптимизацию суммарных издержек, единство проектирования и реализации проектов, т.е. логистика позволяет рассматривать систему обращения, учитывая ее сложность и многообразие на основе системного подхода, который включает: «снабжение – производство – хранение – распределение – транспорт – спрос – потребление». Это способствует тому, что материально-техническое обеспечение и транспортировка становятся неотъемлемыми элементами производственного процесса, что существенно меняет критерии оценки эффективности в вышеуказанной системе. Логистика помогает работать без складов, т.е. реализовать концепцию производства с нулевым запасом.

Представляется, что логистика – это логико-математический инструмент программирования, направленный на решение многофакторных задач.

Инструментом эффективного реинжиниринга является также контроллинг. Если реинжиниринг решает стратегические задачи управления предприятием, то контроллинг – оперативные и стратегические. Контроллинг дополняет реинжиниринг в части оперативного контроля за текущим состоянием дел субъекта хозяйствования, но при этом определяет его стратегию. По утверждению автора работы [10] «контроллинг – это система, обеспечивающая методическую и инструментальную базу для поддержки основных функций управления: планирования, контроля, учета и анализа». В книге профессора Д. Хана «Планирование и контроль: концепция контроллинга» развивается концепция контроллинга как инструмента инте-

гированного планирования и контроля применительно к субъектам хозяйствования разного организационного строения и величины. При этом контроллинг выступает в качестве интегрированной, базирующейся на непрерывном потоке внутренней и внешней информации системы планирования и контроля (Пик), являющейся незаменимой базой принятия решений менеджерами на всех уровнях и во всех сферах управления субъектом хозяйствования [11].

По утверждению К. Друри к группе процессуально ориентированных стратегий и методов управления относятся «точно в срок» (just-in-time – JIT). JIT – это философия управления, целью которой является устранение видов деятельности, не добавляющих стоимости. Общее время выполнения заказа, связанное с производством и продажей продукта, включает время: его непосредственного изготовления, проверки, перемещения, ожидания и хранения. Из этих составляющих только время изготовления непосредственно добавляет ценность, полезность и стоимость к продукту. Конечная цель JIT – трансформировать исходные материалы в готовые продукты в течение времени, равного по продолжительности времени изготовления, т.е. исключить все виды деятельности, не добавляющие ценности [12].

Использование реинжиниринга связано с GALS-технологией. По утверждению из [3], GALS (Computer Acquisition and Lifecycle Support – «Непрерывная информационная поддержка жизненного цикла продукции») – это стратегия, направленная на эффективное создание, обмен, управление и использование электронных данных, поддерживающих полный жизненный цикл изделия с помощью международных стандартов, предпринимательской деятельности и передовых технологии. Это виртуальная, безотказная и безошибочная проводка изделия от разработки до утилизации. Изделия могут создавать партнеры из разных стран, язык общения – стандарты, средство общения – мировые компьютерные сети. Созданные в GALS изделия заводом дешевле, имеют более высокие качественные характеристики. К ключевым областям GALS в настоящее время относятся: реинжиниринг и управление проектами; параллельное проектирование; виртуальное предприятие; электронный обмен данными; распределение систем поддержки принятия решений; интегрированная логистическая поддержка; многопользовательские базы данных; международные стандарты.

В настоящее время возможности участия белорусских субъектов хозяйствования в мировом бизнесе оказываются в прямой зависимости от того, насколько информационно обеспечен процесс производства и насколько совместимы отечественные технологии с международными стандартами. Реинжиниринг как метод реструктуризации их деятельности и перехода к электронным способам разработки продукции как раз и является одним из необходимых этапов реализации GALS-технологии.

Выводы. В период трансформации экономики все вышеперечисленные инновации актуальны для нашей страны. Они позволят провести реструктуризацию отечественных субъектов хозяйствования, преобразовав традиционные функционально-линейные структуры в прогрессивные сетевые. Наличие данной структуры, на основе которой построены производства всех ведущих мировых производителей конкурентоспособной продукции, позволит субъектам хозяйствования республики любой формы собственности обеспечить их гибкость и динамичность при производстве продукции; оперативно реагировать на изменяющиеся внешние условия с наименьшими затратами; ликвидировать существующий разрыв между правами и ответственностью подразделений; достигнуть высокого уровня инновационной восприимчивости; обеспечить их инвестиционную привлекательность.

Литература

1. Ойхман, Е.Г. Реинжиниринг бизнеса / Е.Г. Ойхман. – М.: Финансы и статистика, 1997. – 254 с.
2. Хаммер М. Реинжиниринг корпорации. Манифест революции в бизнесе / М. Хаммер. – С-Пб.: Питер, 1999. – 405 с.
3. Экономический механизм развития предприятия: учеб. пособие в 2-х ч. Ч.2. Организационно-экономический механизм рыночной адаптации предприятия / С.А. Пелих [и др.]; под общ. ред. С.А. Пелиха. – Минск: Академия управления при Президенте Респ. Беларусь, 2006. – 271 с.
4. Обэр-Крие Джейн. Управление предприятием: пер. с фр. – М.: Син, 1998. – 257 с.
5. Финансовый менеджмент: теория и практика: учебник / Е.С. Стоянова [и др.]; под ред. Е.С. Стояновой. – 6-е изд. – М.: Изд-во «Перспектива», 2008. – 656 с.
6. Прокушев, Е.Ф. Внешнеэкономическая деятельность / Е.Ф. Прокушев. – М.: Маркетинг, 2002. – 317 с.
7. Davenport, T.H. The New Industrial Engineering: Information Technology and Business Process Redesign / T.H. Davenport, J.E. Short // Sloan Management Review. – 1990. – Summer. – P. 11–27.
8. Deming, W.E. Quality, Productivity, and Competitive Position / W.E. Deming. – Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, Center for Advanced Engineering Study, 1982. – 220 p.
9. TeleManag. Forum. Telecom Operations Map. Evaluation Version 2.1. – Morristown, NJ: TMForum, 2000. – 153 p.
10. Шигаев, А.И. Контроллинг стратегии развития предприятия: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальностям «Бухгалтерский учет, анализ и аудит», «Финансы и кредит», «Налоги и налогообложение» / А.И. Шигаев. – М.: ЮНИТИ – ДАНА, 2008. – 351 с.

11. Хан, Д. Планирование и контроль: концепция контроллинга: пер. с нем. / Д. Ханд, под ред. и с предисл. А.А. Турчака [и др.]; – М.: Финансы и статистика, 1997. – 800 с.

12. Друри, Колин. Управленческий и производственный учет. Вводный курс: учеб. для студентов вузов – 5-е изд., перераб. и доп. / Колин Друри. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2005. – 735 с.

13. Степанов, В.И. Логистика: учебник. – М.: Проспект, 2010. – 488 с.

14. Реинжиниринг бизнес-процессов: учеб. пособие для студентов, обучающихся по специальности экономика управления / А.О. Блинов [и др.]; под ред. А.О. Блинова. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2010. 343 с.

УДК 004.356.2

**РАЗВИТИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО МЫШЛЕНИЯ
У СТУДЕНТОВ СРЕДСТВАМИ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ
THE DEVELOPMENT OF SPATIAL THINKING USING COMPUTER
GRAPHICS IN STUDENTS**

Гиль С.В., кандидат технических наук, доцент
(Белорусский национальный технический университет)

Svetlana Hil, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
(Belarusian National Technical University)

Аннотация. Целью данной работы является формирование пространственного воображения и мышления у студентов, изучающих дисциплину «Инженерная графика» на младших курсах, на основе трёхмерного моделирования средствами AutoCAD. Разработана методика выполнения лабораторной работы средствами AutoCAD по синтезу динамической трёхмерной модели комбинированного геометрического тела по двумерному чертежу, выполнению на данной модели простых разрезов секущими плоскостями уровня, сложных четвертных вырезов и наклонного сечения, а также построение в автоматизированном режиме проекционного комплексного чертежа на базе созданной трёхмерной модели. Включение предложенной методики в учебный процесс будет способствовать не только активизации учебно-познавательной деятельности студентов, но и развитию инженерного мышления, необходимого в дальнейшей профессиональной подготовке будущего специалиста.

Abstract. The purpose of this work is the formation of spatial imagination and thinking among students studying the discipline "Engineering Graphics" in junior courses, based on 3D modeling using AutoCAD. A technique for performing the lab work using AutoCAD tools for synthesizing the dynamic three-

dimensional model of a combined geometric body in the 2D drawing, performing simple cuts on this model of cutting planes of level, complex quarter cuts and oblique sections, and constructing in the automated mode a projection complex drawing based on the created Dimensional model. Inclusion of the proposed methodology in the educational process will facilitate not only the activation of students' learning and cognitive activities, but also the development of engineering thinking necessary for the further professional training of the future specialist.

Проблеме формирования пространственного представления и воображения у студентов младших курсов при изучении дисциплины «Инженерная графика» посвящено много интересных научных исследований [1], [2], [3], [4] [5]. Образность в мышлении заложена и передаётся генетически, но даже при врождённом отсутствии этой способности, и это подтверждено многолетним педагогическим опытом работы многих преподавателей, она развивается, но при условии постоянной и активной работы над собой. Пространственное представление и мышление – качества, характеризующие уровень интеллектуального развития личности. Возможно, обучение процессам создания пространственных образов должно быть индивидуализировано и идти непрерывно, начиная со средней школы, усиливая его в старшей школе, особенно в профильных классах, на специализированных факультативах, в профессионально-техническом образовании [6], [7], [8], [9], так как это длительная и кропотливая работа, требующая время на закрепление и осмысление знаний. В современной школе с её перегруженностью общей информацией и отсутствием ранней специализации это особенно проблематично, поэтому преподавателями графических дисциплин высшей школы отмечается снижение уровня пространственного представления и мышления у поступающих абитуриентов, и, как следствие, проблемы в освоении дисциплины на первых курсах в технических вузах и дальнейшей специальной подготовке [3], [4], [5], [10]. Для отдельных специальностей ФТУГ БНТУ уже несколько лет подряд проводится вступительный экзамен по данной дисциплине для выявления лучших абитуриентов, тем не менее для конструкторских специальностей в этом направлении работа не проводится. В современных условиях обучения в высшей школе для компенсации сложившейся проблемы, создаются и совершенствуются средства и методы его развития с применением новых образовательных технологий, с использованием мультимедийной и телекоммуникационной среды [11], [12], [13]. Применение тех или иных методик и направлений во многом определяет уровень оснащённости профильных кафедр современными средствами для поддержки учебного процесса, а также профессионализм профессорско-преподавательского состава, тем не

менее, используя широко реальные модели, наглядные плакаты и презентации, стенды, динамические компьютерные трёхмерные модели, мы не только повышаем степень восприятия новых знаний, но и формируем творческий самостоятельный тип мышления будущего специалиста.

Для студентов, отдельных специальностей (ВТФ, МСФ, ФГДЭ), изучающих дисциплину «Инженерная графика» в течение четырёх семестров на последнем заключительном этапе обучения предусмотрено выполнение чертежей средствами AutoCAD. Предварительно проводится знакомство с системой, освоение основных команд создания и редактирования элементарных геометрических составляющих, принципами создания проекционного комплексного чертежа. На более высоком уровне изучение возможностей системы продолжается при выполнении рабочих чертежей деталей по чертежу общего вида. В настоящее время на кафедре нет общих методик преподавания на этом последнем заключительном этапе обучения дисциплине, формирование сборника лабораторных работ находится на начальном этапе. Аналогичные лабораторные практикумы БГАТУ и БГУ-ИР не соответствуют по многим параметрам: общему количеству часов на изучение дисциплины, уровню поставленных практических задач и степени их реализации, а также направленностью. Учитывая постоянно возрастающий уровень применения компьютерных средств и специализированного программного обеспечения, процесс создания новых методик должен также идти непрерывно и адекватно требованиям времени. На кафедре «Инженерная графика» БНТУ разработана принципиально новая лабораторная работа средствами AutoCAD, которая позволяет реализовать одновременно множество задач учебного процесса на этом этапе:

- закрепляя команды создания и редактирования элементарных графических примитивов, с использованием команд нанесения размеров, владение свойствами слоёв, применяя средства точного позиционирования, построить проекционный комплексный чертёж комбинированной модели в двух вариантах: с одним фронтально-проецирующим цилиндрическим отверстием (упрощённое) и с добавленным горизонтально-проецирующим призматическим отверстием (более сложное);

- на основе выполненного чертежа, сравнительного анализа формы поверхностей и их расположения относительно плоскостей проекций, по размерам построить трёхмерную компьютерную модель с переустановкой текущей ПСК (пользовательской системы координат) для построения отдельных поверхностей (наружных и внутренних), составляющих модель (рисунок 1);

- на основе принципа моделирования элементарных поверхностей и команд общего редактирования в трёхмерном пространстве, синтезировать сложное комбинированное тело;

- для увеличения наглядности, а также акцентируя внимание на наличие различных составляющих комбинированное тело поверхностей, выполнить тонирование каждой из них в отдельности;
- используя различные встроенные в систему средства, научиться устанавливать точку зрения и рассматривать построенную модель под различными углами;
- управлять стилем отображения трёхмерной модели, т.е. в автоматизированном режиме получить параллельную (аксонометрическую) или перспективную (при центральном проецировании) проекции;
- выполнить на построенной трёхмерной модели простые разрезы секущими плоскостями уровня: фронтальный, горизонтальный и профильный (рисунок 1);
- выполнить комбинированные четвертные вырезы на аксонометрической проекции, образованные сочетанием различных плоскостей уровня, задавая положение плоскости сечения с переустановкой ПСК (рисунок 2);
- выполнить наклонное вынесенное сечение, предварительно задав положение наклонной секущей плоскости её следом (рисунок 3);
- на основе построенной трёхмерной модели, научиться создавать видовые экраны пространства Модели и пространства Листа;
- производить инженерные расчёты средствами AutoCAD: вычисления расстояний, углов, периметра, площади и объёма.
- на основе трёхмерной модели построить двумерный комплексный чертёж из трёх проекций в автоматическом режиме, задавая координаты привязки осей в проекционной связи с главным видом, оформить чертёж и нанести соответствующие размеры в соответствии с требованиями ГОСТ.

Практически доказано, что процесс пространственного мышления должен включать в себя следующие стадии: сравнение, анализ, синтез, абстракция, обобщение, конкретизация [10]. Именно тогда он будет активизировать и развивать логическую составляющую в мышлении. Поставленные задачи в предложенной методике выполнения лабораторной работы последовательны и взаимосвязаны друг с другом, позволяют сделать существенный шаг вперёд в учебном процессе в освоении возможностей системы, методик и средств построений в трёхмерном пространстве AutoCAD. Существуют различные точки зрения на выбор приоритета и оценку первичности в создании комплексного чертежа и трёхмерной модели [11], [14]. При разработке методики данной лабораторной работы построения возможно выполнять в двух вариантах: или непосредственно начиная их с трёхмерной компьютерной модели и уже по ней в автоматическом режиме получать проекционный комплексный чертёж, или же в ручном режиме выполнять построения плоского чертежа, и в соответствии с ним твердотельную пространственную модель. Всё зависит от уровня подготовки студентов, про-

фессионализма преподавателя, оснащённости современным оборудованием и программным обеспечением. Главное, что, обрабатывая поставленные при выполнении лабораторной работы задачи, мы на наглядном примере учим: анализу формы отдельных составляющих модель поверхностей, назначая каждой своё цветовое решение; представлению этих поверхностей на разных видах, меняя точки зрения на объект; пониманию отличия между перспективным изображением и аксонометрией, изменяя в автоматическом режиме способы визуализации трёхмерного объекта; оценке расположения отдельных плоскостей на детали по отношению к исходным плоскостям проекций и мировой системе координат для выполнения наклонного сечения и разрезов, переустанавливая расположение ПСК; обязательному наличию проекционных связей в комплексном чертеже, взаимосвязи соответствующих координат X, Y и Z. Таким образом на порядок повышается уровень подготовки студентов к новым принципам и методикам работы при выполнении индивидуальных заданий в машиностроительном черчении средствами AutoCAD, активизируется учебно-познавательная деятельность и развивается творческий потенциал. В целом всё это способствует формированию и устойчивому развитию пространственного представления и на его основе пространственного образного мышления, как необходимого условия для дальнейшего успешного обучения специальным дисциплинам и подготовки будущего квалифицированного специалиста.

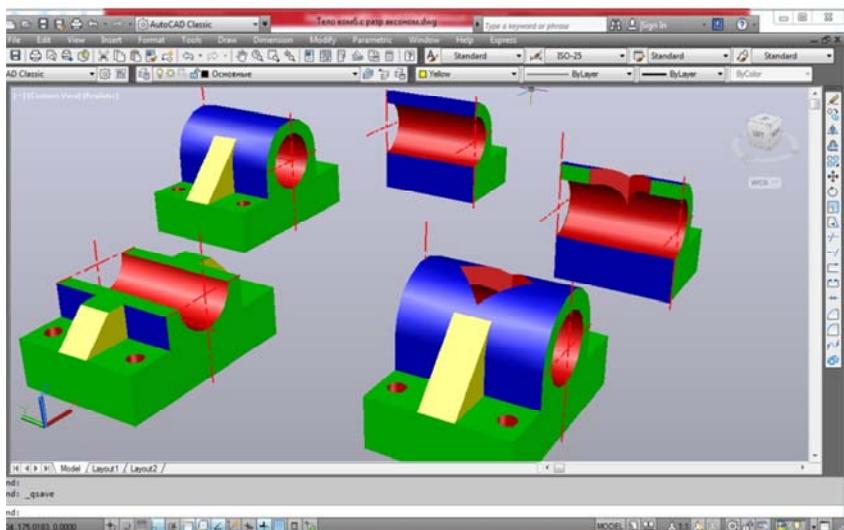


Рисунок 1

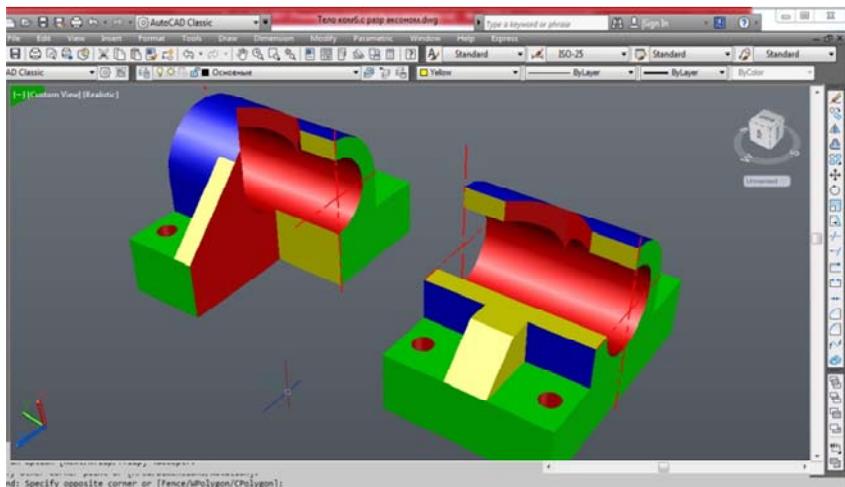


Рисунок 2

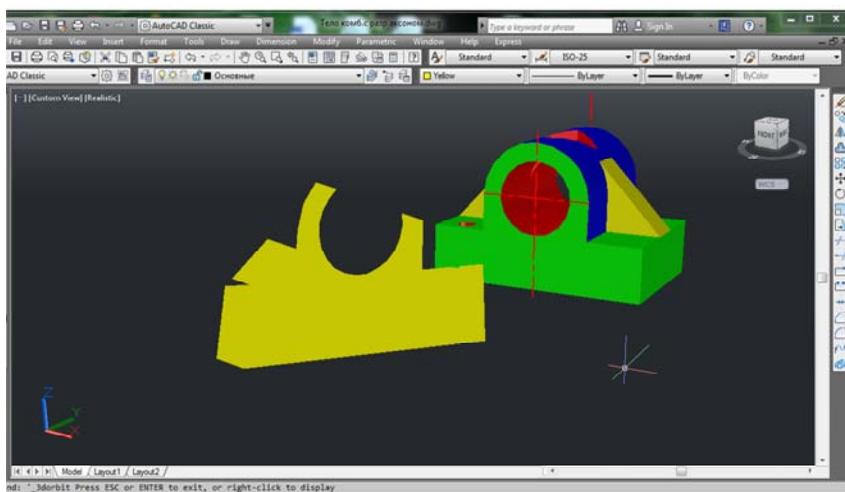


Рисунок 3

Литература

1. Архангельский, С.И. Учебный процесс в высшей школе и его закономерные основы и методы / С.И. Архангельский. – М.: Высш. школа, 1980. – 368 с.

2. Якиманская, И.С. Развитие пространственного мышления школьников / И.С. Якиманская. – М.: Педагогика, 1980. – 240 с.

3. Хубиев, А.И. Формирование пространственных представлений студентов в процессе обучения начертательной геометрии на художественно-графическом факультете: автореферат диссертации на соискание степени кандидата педагогических наук / А.И. Хубиев. – М.: МПГУ, 1998.

4. Кузьменко, Е.Л. Формирование готовности к профессионально-творческой деятельности студентов в процессе обучения инженерной графике: автореферат диссертации на соискание степени кандидата педагогических наук / Е.Л. Кузьменко. – Воронеж: ВГТУ, 2006.

5. Гобралёв, Н.Н. Инженерная графика: роль объёмно-пространственного мышления при её изучении. Инновационные технологии в инженерной графике: проблемы и перспективы: сб. тр. междунар. науч.- практ. конф. Брест, Республика Беларусь, Новосибирск, Российская Федерация / Н.Н. Гобралёв, Д.М. Свирепа, Н.М. Юшкевич; отв. ред. Т.Н. Базенков. – Брест: БрГТУ, 2016. – С. 45–48.

6. Виноградов, В.Н. Черчение: методическое пособие к учебнику А.Д. Ботвинникова, Виноградова В.Н., И.С. Вышнепольского «Черчение. 9 класс»: 9 класс / В.Н. Виноградов, В.И. Вышнепольский. – М.: АСТ: Астрель, 2015. – 254 с.

7. Гервер, В.А. Творчество на уроках черчения / В.А. Гервер. – М.: Владос, 1998. – 144 с.

8. Вышнепольский, И.С. Техническое черчение с элементами программированного обучения: учебник для средних и профессионально-технических училищ / Вышнепольский, И.С. – 4-е издание испр. – М.: Машиностроение, 1988 –240 с., ил.

9. Методика обучения черчению: учеб. пособие для студентов и учащихся худож. – граф. спец. заведений / Под ред. Е.А. Василенко. – М.: Просвещение, 1990.

10. Русинова, Л.П. Развитие пространственного мышления у студентов в начале изучения курса «Начертательная геометрия» / Л.П. Русинова // Молодой учёный. – 2012. – № 3. – С. 391–394.

11. Базенков, Т.Н. Переход от традиционного преподавания графических дисциплин к активному использованию современных информационных технологий. Брест, Республика Беларусь, Новосибирск, Российская Федерация / Т.Н. Базенков, Н.С. Винник, В.А. Морозова; отв. Ред. Т.Н. Базенков. – Брест: БрГТУ, 2016. – С. 15–20.

12. Марамыгина, Т.А. Современные компьютерные технологии в обучении студентов инженерной графике / Т.А. Марамыгина, С.В. Гиль // «Наука – образованию, производству, экономике»: Материалы Девятой междунар. науч.-техн. конф., посвящённой 60-летию автотракторного факультета БНТУ. – Минск: БНТУ, 2011. – С. 43–47.

13. Гиль С.В. Создание учебно-методического комплекса наглядных плакатов по выполнению рабочих чертежей деталей средствами AutoCAD. «Инновационные технологии в инженерной графике: проблемы и перспективы: сборник трудов Международной научно-практической конференции. г. Брест, Республика Беларусь, г. Новосибирск, Российская Федерация. - Новосибирск: НГАСУ (Сибстин), 2015. - С. 263 - 268.

14. Сторожилов А.И., Шабека Л.С. Методологические основы геометрико-графического моделирования. Инновации в преподавании графических и специальных дисциплин: материалы 9-ой Междунар. науч.-практич. конф. «Наука – образованию, производству, экономике» / Под ред. П.В. Зелёного. В 2-х частях. Часть I и II/ Минск: БНТУ, 2011. – С. 26 – 29.

УДК 629.114.2.001

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТОИМОСТНОГО
АНАЛИЗА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ МНОГОЦЕЛЕВЫХ
КОЛЕСНЫХ И ГУСЕНИЧНЫХ МАШИН**

**APPLICATION OF THE METHOD OF THE FUNCTIONAL AND COST
ANALYSIS AT DESIGN OF MULTI-PURPOSE WHEEL AND TRACK
LAYING VEHICLES**

Гуськов В.В., доктор технических наук, профессор кафедры «Тракторы»
Гринцевич Л.В., кандидат экономических наук, зав. кафедрой «Экономики
и управления инновационными проектами в промышленности»;

Павлова В.В., кандидат экономических наук, доцент кафедры
«Оценочная деятельность на транспорте и в промышленности»
(Белорусский национальный технический университет);

Зезетко Н.И., первый заместитель генерального конструктора ОАО «МТЗ» –
главный конструктор тракторной техники, кандидат технических наук

Guskov V.V., Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department
«Tractors»; *Grintsevich L.V.*, Candidate of Economic Sciences, head of the
Department «Economics and Management of innovative projects in the industry»;

Pavlova V.V., Candidate of Economic Sciences, associate professor
of the Department «Estimated activity on transport and in the industry»
(Belarusian National Technical University);

Zezetko N.I., first substituent of the general designer JSC MTZ – the chief
designer of the tractor equipment, Candidate of Engineering Sciences

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы применения метода функционально-стоимостного анализа (ФСА) при проектировании многоцелевых колесных и гусеничных машин. Под ФСА понимается метод си-

стемного исследования функций объекта, направленный на минимизацию затрат в сферах проектирования, производства и эксплуатации при сохранении или повышении качества изделий. Приводится понятие и классификация функций машин, область их применения. В статье рассмотрены примеры возможности применения ФСА в области машиностроительного комплекса предприятий Республики Беларусь.

Abstract. *This article discusses the application of the method of functional-cost analysis of the value products (FCA) when the multi-purpose wheeled and tracked vehicles are designing. FCA means the method of a system research of functions of an object, aimed at minimizing the costs of design areas, production and operations while maintaining or improving product quality. The article contains the concept and classification of functions of cars, area of their application. The article is also has examples of possible applications of FCA in the field of machine-building enterprises of the Republic of Belarus.*

Введение

Политика открытости экономики Республики Беларусь привела к ужесточению конкуренции среди производителей продукции, притоку конкурентов из стран ближнего и дальнего зарубежья, снижению объемов государственных заказов. Но для успешного развития экономики республики необходимо активно осваивать внешние рынки, так как внутренний рынок недостаточен для эффективного производства. Насущными проблемами белорусских предприятий, требующими незамедлительного решения, являются: необходимость активного поиска покупателей, повышение качества продукции, снижения издержек на ее производство, налаживание новых и поддержание прежних хозяйственных связей.

Одним из методов технико-экономического обоснования проектируемой мобильной машины в настоящее время является функционально-стоимостной анализ (ФСА), который широко применяется на предприятиях Западной Европы, Северной Америки, Китая.

Функционально-стоимостной анализ (ФСА) – это метод системного исследования функций объекта, направленный на совершенствование конструкции изделий и минимизацию затрат в сферах проектирования, производства и эксплуатации при сохранении или повышении качественной ценности объектов. ФСА является обобщенным методом технико-экономических исследований, базирующемся на системном подходе, включающем компьютерные и информационные технологии, методы экспертных оценок проектируемых машин, принципах оптимизации системообразующих параметров, методах эргономики и дизайна, учете окружающих условий функционирования машин и т.п. При проведении ФСА активно используются различные эвристические методы и методы активизации творчества.

Метод ФСА нашел наиболее широкое распространение в США [1], передовых промышленных странах, активно развивающихся индустриальных странах, таких как Китай, Южная Корея, в областях военного и гражданского строительства, электронной, авиационной, машиностроительной и прочих отраслях промышленного производства. Применение ФСА приносит значительный экономический эффект за счет оптимизации конструкции изделий и процессов, снижения затрат на создание, внедрение и непосредственно производство товаров, что, в свою очередь, способствует повышению их конкурентоспособности.

Можно отметить два принципиально отличных друг от друга подхода к поиску решений, связанных с конструированием изделий. Первый подход – предметный, основан на поиске решений поставленной задачи, сводится в основном к синтезу и компоновке изделия или процесса из заданного набора элементов (предметов). Второй подход – функциональный, при котором исследователь или проектировщик абстрагируется от реальной конструкции (структуры) анализируемой системы и сосредотачивает внимание на ее функциях и функциях составляющих ее элементов, рассматривая при этом возможные варианты оптимальной реализации тех или иных функций.

При проведении ФСА понятие «функция» трактуется следующим образом – это назначение или способность к определенному действию, воздействию, удовлетворению потребности.

Практичность и большую значимость функционального подхода можно понять из следующего рассуждения: «любое изделие изготавливается для того, чтобы выполнять возложенную на него функцию» [2].

Потребитель фактически стремится приобрести не изделия в прямом смысле, а функции, выполняемые этим изделием. Изделие является лишь носителем функций.

Например, покупая легковую автомашину, мы хотим приобрести не 1,5 тонны стали и 100 кг резины, а функцию с комфортом перемещаться по дорогам, функцию скорости, надежности, престижности, красоты и т.д.

Эта, отличающаяся от традиционной, постановка вопроса изменяет сложившийся стереотип мышления и позволяет добиться такого экономического эффекта, которого не удаётся добиться другими методами.

На рисунке 1 представлена классификация функций изделия, позволяющая составить представление об основных принципах метода ФСА.

По области применения функции можно разделить на внешние и внутренние. Внешние функции выполняются объектом в целом и отражают функциональные отношения между объектом и внешней средой, с которой он взаимодействует. Внутренние функции определяются взаимодействием внутри объекта и выполняются его элементами.

Среди внешних функций в зависимости от их роли в удовлетворении потребностей следует различать главные и второстепенные. Главная

функция объекта определяет его назначение. Второстепенные функции не влияют на его работоспособность, они отражают побочные цели создания объекта, обеспечивают и увеличивают спрос на него (например, удобство использования, эстетичность).

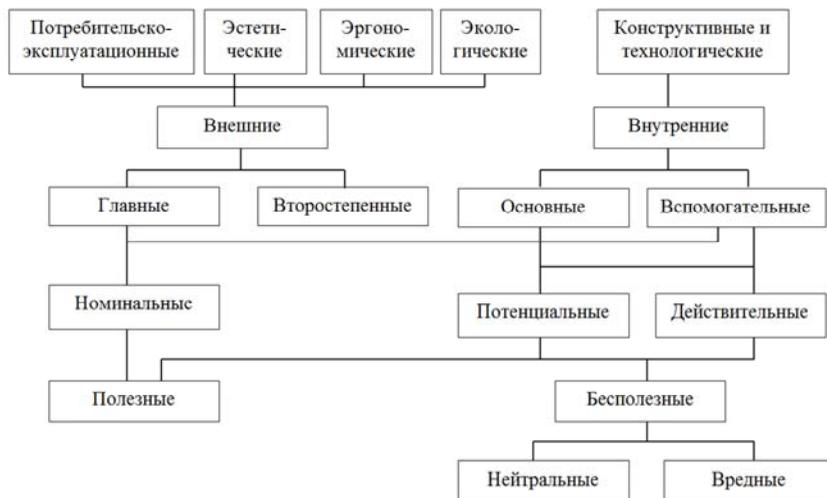


Рисунок 1 – Классификация функций изделия

Среди внутренних функций следует различать основные и вспомогательные. Основная функция обеспечивает работоспособность объекта и создает необходимые условия для осуществления главной функции. Различают основные функции приема, ввода (энергии, информации), передачи, преобразования, регулирования, хранения, выдачи результата. Вспомогательные функции способствуют реализации основных. Существует несколько разновидностей вспомогательных функций: соединительные, изолирующие, фиксирующие, направляющие, крепежные и т.д.

В зависимости от содержания можно выделить следующие внешние функции: потребительско-эксплуатационные, эстетические, эргономические, экологические, а среди внутренних – конструктивные и технологические.

По характеру проявления различают функции номинальные (целевые), обеспечивающие необходимую полезность объекта в соответствии с заданными требованиями, действительные, реально существующие в изделии, потенциальные (до определенного времени не проявляющиеся), способствующие расширению сферы применения объекта (например, возможность навески на базовую машину различного рабочего оборудования).

По степени полезности различают: полезные функции – внешние и внутренние, отражающие функционально необходимые потребительские свойства и определяющие работоспособность объекта; бесполезные функции, нейтральные и вредные. Нейтральные функции – это функции излишние, не снижающие работоспособность объекта, но создающие избыточность и удорожающие объект. Вредные – это функции, отрицательно влияющие на работоспособность объекта и его потребительскую стоимость, удорожающие объект. К вредным можно отнести такие функции, как создание паразитарных потоков мощности или энергии в приводе, рассеивание энергии и т.д.

Совокупность рассмотренных понятий дает возможность многоаспектного представления функций и способствует более точному определению области возможных решений. Такая классификация позволяет также лучше представить иерархию взаимосвязи функций.

Отображение изделия в виде функций и их отношений получило название функциональной модели (это модели логического типа). Процесс построения и использования функциональных моделей будем называть функциональным моделированием. Функциональное моделирование дает логическое описание объекта.

Наряду с функциональными моделями могут быть использованы структурные модели, дающие представления о составляющих объектах их основных взаимосвязях на различных уровнях иерархии.

Дадим теперь определение рассматриваемому методу.

ФСА понимается метод системного исследования функций объекта, направленные на минимизацию затрат в сфере проектирования, производства и эксплуатацию при сохранении или повышении качества и полезности объекта для потребителя.

Такая задача сводится к ликвидации на основе проведенного анализа функций и излишних или вредных элементов и затрат при сохранении (повышении) качества.

По сравнению с методом математической теории оптимизации, предполагающей нахождение оптимального значения целевой функции с помощью сложных алгоритмов машинных программ, ФСА не нацелен на нахождение точного оптимума. Этот метод ориентируется на приближенную оптимизацию с использованием доступных и относительно простых алгоритмов, или иначе говоря, правил, предусматривающих комплексную поэтапную технико-экономическую оценку решений с учетом не только внутренних, но внешних характеристик объекта, которые не всегда могут быть представлены в виде формализованных математических зависимостей.

Чрезмерная трудоемкость вычислений, присущи теории оптимизации и не всегда целесообразно позволяют при решении задач малой и средней сложности отдавать предпочтения ФСА.

ФСА является обобщенным методом технико-экономического исследования, базирующимся на методах и принципах теории систем и системного подхода, методах инженерного анализа; методом экономического анализа. При проведении ФСА эффективно используются различные эвристические методы и методы активизации в творчестве.

Работоспособность объекта его потребительскую стоимость, удорожающие объект. К вредным можно, например, отнести такие функции, как создание паразитных потоков мощности или энергии в приводе, рассеивание энергии и т.п.

Примеры возможного применения метода ФСА при проектировании многоцелевых колесных и гусеничных машин на машиностроительных предприятиях Республики Беларусь:

1.1 Минский тракторный завод производит восемь тяговых классов колесных и гусеничных тракторов, а именно 0,2; 0,6; 0,9; 1,4; 2,0; 3,0; 4,0 и 5,0. Предварительно проведенный функционально-стоимостной анализ в области типажа тракторов показал, что тяговые классы можно свести к трем-четырем классам. Это позволит расширить унификацию деталей и процессов и снизить издержки производства. Примерное деление на классы возможно следующее:

- 1-й тяговый класс объединяет тракторы с двигателями малой мощности (от 6 до 60 кВт) и тяговые классы от 0,2 до 0,6. Такие тракторы обеспечивают работы в индивидуальных хозяйствах, животноводстве, городском хозяйстве.
- 2-й тяговый класс объединяет тракторы с двигателями средней мощности (от 60 до 180 кВт) тяговых классов от 0,9 до 2,0, которые являются универсально-пропашными и наиболее востребованными в сельском и городском хозяйстве.
- 3-й тяговый класс объединяет тракторы с двигателями большой мощности (от 180 до 300 кВт). Такие тракторы в основном предназначены для агрегирования с комплексными сельскохозяйственными машинами, имеющими большие крюковые усилия и отбор мощности через валы отбора мощности. Эти комплексные агрегаты способны осуществлять одновременно несколько операций (например, вспашка, боронование, разброс удобрений, посев и т.д.). Тракторы данного класса находят спрос в других отраслях народного хозяйства.
- Можно ввести и 4 тяговый класс, в который бы входили тракторы с двигателями малой мощности и колесной формулой 2×2 или 4×4.

Приведенные аргументы по рациональному типуажу тракторов требуют проведения проектных работ по созданию перспективных моделей семейств тракторов указанных классов, унификации и типизации как внутри класса, так и между ними, что будет способствовать более гибкому производству при снижении издержек.

1.2. В настоящее время на МТЗ созданы опытные образцы колесных тракторов общего назначения тягового класса 5,0 с электромеханической трансмиссией. Поведенные испытания показали эффективность такого трактора при агрегатировании с комплексными сельско-хозяйственными машинами (более высокий тяговый КПД по сравнению с тракторами того же класса, имеющими механическую трансмиссию). Однако, как показали предварительные экономические расчеты, стоимость этого трактора выше, чем серийного. Стоит задача найти рынки сбыта для этого трактора в РБ, РФ и других странах для начала серийного производства. Следует отметить, что в серийном производстве стран дальнего и ближнего зарубежья тракторов такого класса с электромеханической трансмиссией не выпускается.

1.3. В качестве трансмиссий в колесных и гусеничных тракторах применяются механические, гидрообъемные и электрические трансмиссии, две последние – бесступенчатые и более дорогие. Задача ФСА – найти разумное в экономическом плане применение указанных трансмиссий на различных типах тракторов.

2. Минский завод колесных тягачей (МЗКТ) в настоящее время выпускает широкую гамму специальных колесных шасси и тягачей с СКШТ 4-го поколения для военного и гражданского назначений. Применение ФСА позволит найти рациональный ряд указанных машин, что должно принести значительный экономический эффект.

2.1. Указанные машины комплектуются двумя видами трансмиссий: механической и гидромеханической. Есть планы на разработку полностью электрической трансмиссии. Применение ФСА позволит обосновать экономическую целесообразность применения различного вида трансмиссий в зависимости от назначения тягачей.

2.2. На комплексе СКШТ используются различного вида системы поддресоривания машин: рессорная, торсионная, гидромеханическая, электрореологическая. Применение ФСА позволит обосновать экономическую целесообразность применения различного вида подвесок в зависимости от назначения машин.

Заключение

ФСА является обобщенным методом технико-экономического исследования, базирующегося на методах и принципах теории систем и системного подхода, включающего в себя компьютерные и информационные технологии проектирования, методы инженерного и экономического анализа. При проведении ФСА эффективно используются эвристические методы и методы активизации творческого мышления.

Все перечисленные положения и способы применения ФСА можно использовать на Минском автомобильном заводе, Белорусском автомобильном заводе и других предприятиях, выпускающих мобильные машины

Литература

1. Каплан, Р. Функционально-стоимостной анализ: практическое применение / Р. Каплан, Р. Купер. – М.: ООО «ИД Вильямс», 2008. – 352 с.
2. Половинкин, А.И. Основы инженерного творчества: учебное пособие для студентов вузов / А.И. Половинкин. – М.: Машиностроение, 1988. – 368 с.

УДК 65.012.34

ОРГАНИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ СЕРВИСНОЙ ЛОГИСТИКОЙ НА СОВРЕМЕННОМ АВТОМОБИЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ ORGANIZATION AND MANAGEMENT SERVICE LOGISTIC ARE ON MODERN MOTOR-CAR ENTERPRISE

Жаболенко М.В., кандидат экономических наук, доцент, зав. кафедрой менеджмента и логистики
(Донецкая академия автомобильного транспорта, г. Донецк)

Zhabolenko M., Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,
Head. Management and Logistics of the Department
(Donetsk Academy of Automobile Transport, Donetsk)

Аннотация. *В данной статье изучена экономическая природа и сущность сервисной логистики; рассмотрены основные направления логистической поддержки сервисных потоков автомобильного предприятия; проанализировано взаимодействие элементов системы сервисной логистики, а также установлены основные принципы логистического сервиса.*

Abstract. *This article examined the economic nature and essence of the service logistics; The main directions of the logistics support service flows automotive enterprise; The interaction between the elements of logistics service system, and established the basic principles of logistics services.*

Введение

Система логистического обслуживания является одной из основных элементов, обеспечивающих конкурентное преимущество предприятий. В данном случае конкурентное преимущество достигается за счет поддержания необходимого уровня обслуживания потребителей при одновременном снижении затрат на его обеспечение.

По мере усложнения рыночных условий функционирования предприятий повышается актуальность логистического подхода к управлению предприя-

тием. Это объясняется рядом факторов, среди которых расширение ассортимента и номенклатуры реализуемой продукции, соответственно, больший объем физических операций в системах снабжения и распределения, осложнение планирования, повышение требований к уровню обслуживания.

Значение логистического обслуживания растет также в связи с развитием оптовой и розничной торговли, а также логистического рынка 3 и 4 PL провайдеров. Эффективное выполнение логистическими посредниками своих функций по обслуживанию достигается на основе более тесного взаимодействия партнеров в цепи поставок.

Основными предпосылками для формирования систем логистического обслуживания являются:

- повышение степени рыночной конкуренции;
- рост уровня интеграции организационных бизнес-единиц, изменение отношений между производителями и их партнерами в бизнесе.

Большинству предприятий, в том числе функционирующих и на автомобильной рынке, для решения этой задачи необходимы серьезная реорганизация и перераспределение ресурсов. Улучшение основывается главным образом на упрощении и стандартизации логистических процедур.

Основой исследования, результаты которого предлагаются в данной статье, послужили фундаментальные труды отечественных и зарубежных специалистов в области экономики, менеджмента, логистики и маркетинга, таких, как Б.А. Аникин, А.У. Альбеков, Н.В. Афанасьева, Л. Багиев, А.М. Гаджинский, М.П. Гордон, В.С. Лукинский, А.Д. Марков, Л.Б. Миротин, А.А. Новиков, А.И. Семенов, С.А. Уваров, А. Смит, Д. Риккардо, Дж. Кейнс, К.Р. Макконел и другие. В формализованном виде показатели качества логистического сервиса представлены в работах Бауэрсокса Д., Клоса Д., Стаханова Д.В., Миротина Л.Б., Ташбаева И.Е., Касенова А.Г. и других авторов.

Однако, к сожалению, все еще часто за пределами существующих исследований остаются вопросы эффективности управления деятельностью автопредприятий на основании внедрения достижений логистики как науки, что и определило направление данного исследования.

Целью статьи является установление сущности логистической поддержки сервисных потоков автомобильного предприятия для обеспечения устойчивого состояния и конкурентоспособного положения.

Основная часть

Исследование природы сервисной логистики необходимо вести в нескольких плоскостях, во-первых, она может быть рассмотрена как концепция общей теории логистики, во-вторых, как система хозяйственной деятельности в сфере услуг. Сервисная логистика как концепция общей теории логис-

тики изучает сущность управления сервисными потоками, многообразие форм, а также закономерности развития логистического сервиса, направленного на повышение качества обслуживания потребителей в процессе воспроизведения [1]. Предметом сервисной логистики выступают экономические отношения, складывающиеся в процессе логистического сервиса. Задачей сервисной логистики в данном смысле является разработка теоретико-методологических основ и формулировка принципов для принятия оптимальных решений в сфере логистического обслуживания потребителей, поставщиков и посредников, и разработки эффективных экономических стратегий развития, как на микро-, так и на макроуровне народного хозяйства.

До недавнего времени в логистике основное внимание уделялось оказанию услуг в процессе перемещения материальных потоков от производителя до торговой точки. Здесь роль сервиса очень важна. Эффективная организация сервисного обслуживания должна охватывать всю логистическую цепь, создавая гармонию между ее звеньями. От того, насколько хорошо фирма–производитель обслуживает своих партнеров по бизнесу, в значительной мере зависит эффективность движения логистических потоков и в конечном итоге уровень обслуживания покупателя. Если предыдущее логистическое звено хорошо обслужило следующее, то создаются предпосылки для поддержания такого же или более высокого уровня сервиса и далее – последующими звеньями. И наоборот, если уровень сервиса, предоставленного партнером, оказался низким (нарушение сроков поставок товаров, отсутствие необходимой информации о товаре и т.д.), то фирма или не сможет хорошо обслужить своих клиентов, или это потребует от нее дополнительных затрат. Важно понимать, что обслуживание потребителей на любом этапе движения логистических потоков должно рассматриваться с точки зрения конечного потребителя.

Сервисную логистику мы предлагаем рассматривать как концепцию логистики, сложившуюся в рамках институционального подхода. Сервисная логистика определяет процесс институционализации логистики в сфере услуг. В рамках постиндустриальной, а точнее транзитивной экономики логистика рассматривается нами как форма сервиса и часть сферы услуг.

Следует отметить, что корни сервисной логистики лежат в логистике сервиса или так называемой логистике сервисного отклика. Кроме того, логистический подход оказался эффективным и для предприятий, предоставляющих только услуги. Например, «Supply Chain Management» (SCM-подход) – «менеджмент в цепи поставок» оказался чрезвычайно продуктивным для организаций сервиса в задачах определения сетевых мощностей по услугам. В связи с вышеизложенным на Западе используется понятие «Service Response Logistics» – SRL (логистика сервисного отклика), которое определяется как процесс координации нематериальных активностей,

необходимых для выполнения сервиса наиболее эффективным с точки зрения затрат и удовлетворения потребностей способом.

На автомобильном рынке редко встречаются фирмы, предоставляющие своим потребителям только товары или только услуги в чистом виде. С одной стороны, любой производитель товара, как правило, предоставляет посредникам хотя бы минимальный набор услуг (информационных, финансовых, связанных с перемещением товаров). С другой – быстро развиваются сервисные фирмы. Некоторые из них производят только услуги (например, маркетинговые, аудиторские, страховые, образовательные и т.д.). Однако услуги этих фирм и являются их товаром. Эти тенденции приводят к тому, что в современной логистике предлагается рассматривать комплексное понятие товар–услуга, которое может иметь множество вариантов – от преобладания материальной составляющей (продукта) до преобладания нематериальной составляющей (услуги).

Чтобы продать товар, необходимо придать ему дополнительные нематериальные свойства, в наибольшей мере отвечающие потребностям покупателя. Этому и призвана способствовать сервисная логистика. Во всех отраслях отмечается постоянное увеличение относительной важности нематериальной части совокупного предложения («товара–услуги»), что в определенной мере оправдывает рост доли затрат, приходящихся на непроизводственную сферу – распределение и потребление (затраты на владение).

Однако не следует забывать и другой важной закономерности между спросом на товар и сервисом: хороший сервис расширяет спрос на товар, причем именно в той фирме, которая предоставляет этот сервис.

Рынок чутко реагирует на качество обслуживания, которое существенно влияет на конкурентоспособность фирм. Различают два основных способа развития бизнеса: привлечение новых клиентов и удержание уже имеющихся. В условиях высокой конкуренции привлекать новых клиентов становится труднее. Маркетинговые исследования показывают, что каждый «удержанный» клиент обходится дешевле, чем привлечение нового. Сохранение постоянных клиентов возможно лишь в том случае, если уровень их обслуживания постоянно повышается.

При управлении сервисными потоками в логистике используются те же принципы, что и для материальных потоков. Однако при организации сервисного обслуживания необходимо учитывать характеристики услуг, в значительной мере определяющие особенности сервисной логистики.

В то же время, мы считаем, что сервисную логистику следует рассматривать как продукт эволюции теории и практики логистики, отражающий этап формирования представлений о логистике как о рыночном институте.

Под сервисом же понимается совокупность услуг, которые имеют единую производственную, институциональную или социальную природу и предос-

твляются потребителям с целью наиболее полного удовлетворения их потребностей.

Логистический сервис рассматривается нами как частный случай сервиса вообще и представляет собой баланс (разумный компромисс) между приоритетом высококачественного обслуживания потребителей и соответствующими затратами, необходимыми для его обеспечения.

С повышением уровня сервиса затраты на сервис, естественно, возрастают, причем их рост имеет нелинейный характер, а именно с повышением качества услуг затраты растут быстрее. Причина в том, что фирма, оказывающая услуги, в первую очередь применяет те из них, которые даются ей с наименьшими затратами.

Как показывают логистические исследования, начиная с 70 % и выше затраты сервиса растут экспоненциально в зависимости от уровня обслуживания, а при уровне обслуживания 90 % и выше логистические издержки начинают опережать рост доходов от оказания услуг и сервис становится невыгодным. Специалисты подсчитали, что при повышении уровня обслуживания от 95 до 97 % экономический эффект повышается на 2 %, а расходы возрастают на 14 % [2].

Однако не следует забывать, что снижение уровня обслуживания ведет к увеличению потерь, вызванных отказом партнеров (клиентов) обращаться к фирме из-за ухудшения качества сервиса.

То есть рост конкурентоспособности фирмы, вызванный ростом уровня обслуживания, сопровождается, с одной стороны, снижением потерь от ухода клиентов, а с другой – повышением расходов на сервис. Следовательно, задача специалиста–логиста заключается в поиске оптимального уровня сервиса.

Существует диапазон, в котором любая фирма может найти оптимальный для себя уровень сервиса. Начальной точкой диапазона является «минимальный уровень сервиса» – оказывая услуги ниже этого уровня, фирма не будет восприниматься рынком, т.е. потребители не будут пользоваться ее услугами. Конечная точка диапазона – точка, в которой повышение уровня сервиса становится нечувствительным для потребителя и при этом начинает приносить убытки фирме.

Таким образом, логистический сервис может пониматься двояко.

Во-первых, как логистическая услуга, которая выполнена на определенном качественном уровне.

Во-вторых, логистический сервис можно понимать как комплекс взаимосвязанных логистических услуг объединенных общностью целей и представляющих продуктовую, потребительскую, рыночную или иную целостность. Логистический сервис представляет собой совокупность интегрированных по продукту, рынку, технологии или потребителю логис-

тических услуг [2]. В отличие от первого подхода, когда сервис связывают с определенным качеством услуг, здесь особое значение имеет не только качество и количество услуг, но и связь услуг между собой, а также связь между услугами и объектом обслуживания.

По нашему мнению, логистический сервис связан с управлением экономическими потоками и процессами в экономических системах и направлен на рост добавленной стоимости за счет наиболее эффективного взаимодействия логистических звеньев и оптимизации потоков.

Система логистического сервиса включает цели, объекты, субъекты, продукты, средства, методы, процессы и сферу логистического обслуживания [3].

Цели логистического сервиса формируются управляющей подсистемой и диктуются природой социально-экономической системы.

В каждом конкретном случае хозяйствующий субъект определяет концепцию бизнеса и на ее основе формирует миссию и стратегические ориентиры.

Взаимодействие между элементами системы логистического сервиса графически может быть представлено в виде схемы (рисунок 1).

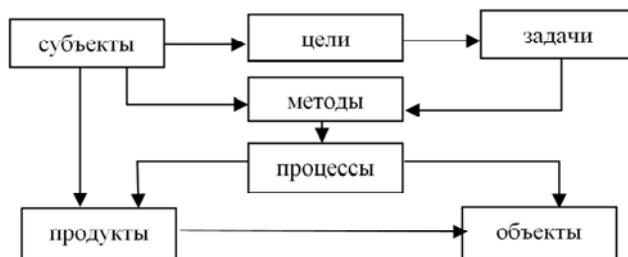


Рисунок 1 – Взаимодействие элементов системы сервисной логистики

В качестве основных принципов логистического сервиса предлагаем рассматривать следующие положения:

- 1) свободный выбор потребителем формы и уровня логистического сервиса;
- 2) эластичность и гибкость логистического сервиса;
- 3) удобство логистического сервиса;
- 4) технико-технологическая адаптивность логистического сервиса;
- 5) информативность сервиса;
- 6) адекватность ценовой политики в сфере логистического сервиса внутренним и внешним переменным бизнеса;
- 7) соответствие логистического сервиса объектам, обслуживаемых.

Заключение

Таким образом, сервисная логистика как концепция общей теории логистики изучает сущность управления сервисными потоками, многообразие форм, а также закономерности развития логистического сервиса, направленного на повышение качества обслуживания потребителей в процессе воспроизведения.

Кроме того, сервисная логистика как система хозяйственной (практической) деятельности в сфере услуг представляет собой совокупность взаимосвязанных методов, форм, инструментов, процессов и субъектов логистического сервиса, направленного с одной стороны на удовлетворение потребностей потребителей при заданных ограничениях по затратам, качеству и продолжительности бизнес-цикла, с другой на получение прибыли и рост рыночной доли сервисных организаций, специализирующихся на предоставлении логистических услуг.

Литература

1. Шеховцов, Р.В. Сервисная логистика: проблемы теории и методологии: Монография / Р.В. Шеховцов. – Ростов н/Д: РИО Ростовского филиала РТА, 2002. – 115 с.
2. Сергеев, В.И. Глобальные логистические системы: учебное пособие / В.И. Сергеев, А.А. Кизим, П.А. Эльяневич; под. общ. ред. В.И. Сергеева. – СПб.: Издательский дом «Бизнес-пресса», 2001.
3. Бауэрсокс, Д. Логистика: интегрированная цепь поставок / Д. Бауэрсокс, Д. Клосс; пер. с англ. – М.: ЗАО «Олимп – Бизнес», 2001.

УДК 656.078

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ВО ВРЕМЯ ПЕРЕВОЗКИ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ

ANALYSIS OF EXISTING INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS APPLIED DURING THE CARRIAGE OF DANGEROUS GOODS IN ROAD TRANSPORT

Момот М.С.

Mikhail Momot

Аннотация. Проведен анализ требований к интеллектуальным системам во время перевозки опасных грузов на автомобильном транспорте.

Установлены основные направления развития интеллектуальных систем, их преимущества и недостатки, а также пути развития таких систем.

Abstract. *The analysis of requirements for intelligent systems at the time of transport of dangerous goods in road transport. The basic directions of development of intelligent systems, their advantages and disadvantages, as well as the development of such systems.*

Введение

Перевозка грузов и пассажиров в настоящее время претерпевает качественные изменения. С одной стороны это связано со стремлением повысить эффективность работы транспорта, снизить издержки, уменьшить стоимость перевозок, соблюдать сроки доставки грузов и обеспечивать их сохранность – то, что в большей степени продиктовано развивающимися рыночными отношениями и связанной с ними конкурентоспособностью автомобильных перевозок.

Другая же сторона имеет более глубокие корни – на всем протяжении существования нашей цивилизации постоянно сокращаются интервалы между качественными сменами техники и технологий – это так называемый закон времени [1]. Так если гужевая тяга служила на протяжении тысяч лет, то паровой хватило всего на сотню лет. На сегодня прорывы, скачки и смена технологий происходит уже через 5–10 лет, а по научным прогнозам в скором будущем подобные изменения будут происходить через 3–5 лет – наглядным примером являются новые средства связи и преобразование вычислительной техники. Современные условия диктуют обязательное внедрение и использование информационных технологий – информационно-управляющих систем во все сферы нашей жизни.

Самой большой проблемой области информатизации автомобильного транспорта являются закрытые интеллектуальные системы. Создано огромное количество систем, автоматизирующих отдельные бизнес-процессы, а чаще даже отдельные задачи и функции. При этом системы зачастую не связаны друг с другом, используют собственные хранилища оперативной и нормативно-справочной информации. Отсутствуют регламенты поддержания актуальности, синхронизации данных в разных системах. Многие используемые средства автоматизации не соответствуют современным требованиям. На современном этапе развития информационных технологий на первый план ставится создание единого информационного пространства, которое включает в себя единое пространство данных, единое методологическое пространство и единое пространство функционала [2].

Что же касается перевозки опасных грузов – эта особая часть номенклатуры грузов и в будущем останется особой. Объемы перевозок опасных грузов железнодорожным транспортом составляют более 25 % от общего

и ежегодно возрастают. Перечень опасных грузов, предъявляемых к перевозке, насчитывает около пяти тысяч наименований. Из-за присущих опасным грузам свойств их перевозка требует постоянного внимания и непрерывного контроля. Человеку трудно постоянно сохранять внимание на высоком уровне – тем более, когда необходимо работать с огромными потоками разнообразных данных. В этом случае на помощь приходят информационные системы, адаптированные под конкретные задачи.

Разработаны и применяются информационно-справочные системы по перевозке опасных грузов, а также предупреждению и ликвидации аварийных ситуаций. Своевременные и верные действия лиц принимающих решения могут сохранить груз и жизни людей. А быстрая ликвидация последствий аварийных ситуаций, правильное использование имеющихся технических средств, создание безопасных условий работы в зоне аварии, оказание первой помощи пострадавшим зависят, прежде всего, от правильной оценки сложившейся обстановки, знаний опасных свойств находящихся в зоне аварий грузов.

Поэтому на автомобильном транспорте должны совершенствоваться технологии перевозок опасных грузов, информационная система, обеспечивающая быстрый доступ к информации, извещение соответствующих служб об опасности при аварийных ситуациях, а также технология безопасной ликвидации последствий аварий.

Анализ последних исследований

Развитие информационных и коммуникационных технологий открыло новые возможности для решения сложных транспортных проблем, с которыми сталкивается современный мир. Решение было найдено в создании уже не систем управления транспортом, а транспортных систем, в которых средства связи, управления и контроля изначально встроены в транспортные средства и объекты инфраструктуры, а возможности управления (принятия решений) на основе получаемой в реальном времени информации, в таких системах доступны не только транспортным операторам, но и всем пользователям транспорта. Задача решается путем построения интегрированной системы: люди – транспортная инфраструктура – транспортные средства, с максимальным использованием новейших информационно-управляющих технологий.

Наблюдается активный процесс формирования и развития интеллектуальных транспортных систем (ИТС) в транспортном секторе экономики, который уже привел к очевидному улучшению работы всех видов транспорта во всех странах, где этому уделялось должное внимание.

В современном мире ИТС рассматривается как самая эффективная мера для решения транспортных проблем и источник создания новых отраслей

промышленности. Об этом свидетельствует почти 20-летний опыт целенаправленных разработок ИТС в США, Японии, в Европейском союзе, Китае и других странах, где достигнуты серьезные успехи. Внедрение ИТС там носит стратегический характер, определяет в целом конкурентоспособность страны на мировом рынке [3, 4].

Основная часть

В странах – участников Европейского соглашения о международной дорожной перевозке опасных грузов предусмотрено обязательное проведение мониторинга перевозок опасных грузов. В России эти обязанности возложены на органы Ространснадзора и местные власти. Мониторинг осуществляется с помощью комплексной информационно-аналитической системы контроля транспортных средств (КИАСК-ТС), реализованной на основе спутниковых навигационных технологий ГЛОНАСС/GPS. Это соответствует следующему требованию пункта 1.10.3.3 ДОПОГ: «Если эта мера уместна и если уже установлено необходимое оборудование, должны использоваться системы телеметрии или другие методы или устройства, позволяющие отслеживать движение грузов повышенной опасности» [5].

Указанные меры предусматриваются при разработке ИТС многих стран. В наиболее развитых зарубежных странах развитие телематических транспортных систем (ТТС) осуществляется под руководством правительственных органов на основе централизованно разработанных архитектур, охватывающих весьма широкий круг задач, в том числе и задачи контроля перевозок опасных грузов. Так, Национальная архитектура ИТС США ориентирована на реализацию 33 пользовательских сервисов ИТС, которые разделены на 8 групп [6]. Сервис «Безопасность опасных грузов и реагирование на аварии» (Hazardous Material Security and Incident Response) относится к группе «Деятельность грузового транспорта» (Commercial Vehicle Operations).

Функциональная архитектура указанного сервиса предусматривает контроль перевозок опасных грузов, в том числе их отслеживание и классификацию, уведомление об аварии с опасными грузами, передачу информации об авариях и нарушениях порядка перевозки опасных грузов всем заинтересованным организациям, отслеживание местоположения транспортного средства, перевозящего опасный груз, обнаружение его отклонения от запланированного маршрута, идентификацию входа ТС в чувствительные географические области (например зоны, в которых перевозка опасных грузов запрещена), аутентификация водителя с деактивацией транспортного средства при попытке управления ТС неправомочным водителем [6].

В Европе проводятся работы под эгидой Европейского агентства по ГНСС (European GNSS Agency – GSA) в соответствии с Планом действий по

приложениям ГНСС [14] и Планом действий по логистике грузового транспорта [15]. В этом контексте выполняется проект SCUTUM (SeCUring the EU GNSS adoption in the dangerous Material transport – Применение ГНСС ЕС для обеспечения безопасности при транспортировке опасных грузов).

Система обеспечивает мониторинг координат ТС, перевозящих ОГ, а также параметров состояния ТС и груза. Координаты определяются с помощью системы EGNOS (англ. European Geostationary Navigation Overlay Service – европейская геостационарная служба навигационного покрытия). EGNOS находится в эксплуатации с октября 2009 г. и предназначена для улучшения работы системы GPS и, в перспективе, Galileo на территории Европы, являясь аналогом американской системы WAAS. Зона действия EGNOS охватывает всю Европу, север Африки и небольшую часть европейской России. Система состоит из сети наземных станций, главной станции, которая аккумулирует информацию от спутников GPS, Galileo и геостационарных спутников EGNOS, через которые эта информация транслируется на GPS-приёмники, поддерживающие приём дифференциальных поправок.

Бортовое оборудование системы SCUTUM установлено на 300 ТС итальянской нефтяной компании Eni, перевозящих нефтепродукты. Бортовое оборудование передаёт данные о координатах и состоянии ТС и ОГ в центр реагирования на чрезвычайные ситуации по каналам сотовой связи с помощью сервиса GPRS (англ. General Packet Radio Service – пакетная радиосвязь общего пользования).

В России система мониторинга включает:

- бортовые устройства, обеспечивающие навигацию ТС с помощью ГНСС, связь с автоматизированными центрами контроля и надзора (АЦКН) Ространснадзора по каналам сотовой и, возможно, спутниковой связи (с низкоорбитальными спутниками) и передачу в АЦКН информации о местоположении и состоянии ТС, вводимой водителем и формируемой автоматически;

- автоматизированные центры контроля и надзора, осуществляющие мониторинг перевозок опасных грузов.

Включение в состав бортового устройства средств спутниковой связи необходимо для обеспечения мониторинга в зонах, где отсутствует сотовая связь. Сообщение с бортового устройства о перевозке опасного груза должно включать следующий набор мониторинговой информации:

- идентификационный номер бортового устройства;
- географическую широту местоположения транспортного средства;
- географическую долготу местоположения транспортного средства;
- скорость движения транспортного средства;
- путевой угол транспортного средства;
- время и дату фиксации местоположения транспортного средства;
- признак нажатия тревожной кнопки.

Кроме того, необходимо обеспечить возможность передачи следующих данных о перевозке опасных грузов:

- состояние ТС («Перевозка опасного груза», «Разгрузка», «Нет опасного груза»);
- номер специального разрешения, в соответствии с которым осуществляется перевозка;
- номер (номера) ООН перевозимого (перевозимых) грузов;
- данные о количестве груза на борту ТС.

Получив указанную информацию, контролирующие органы имеют возможность определить государственный регистрационный номер, модель, марку и принадлежность ТС, вид перевозимого груза (грузов), разрешённый маршрут движения. При этом возможен контроль наличия специального разрешения для данного ТС, вида груза и маршрута. В ходе перевозки они получают мониторинговую информацию, которая может использоваться для автоматического контроля соблюдения разрешённого маршрута перевозки, а при отклонении от него на величину, большую заданной, – для выдачи тревожного сообщения оператору и на линейные посты транспортного надзора и дорожной полиции.

Для опасных грузов в упаковках целесообразно предусмотреть нанесение на каждую упаковку RFID-меток, содержащих признак опасного груза и его номер ООН. Для сбора информации с RFID-меток ТС должно быть оснащено считывателями, зоны действия которых полностью перекрывают внутренний объём кузова ТС. Если конструкция кузова предусматривает возможность его закрытия и запираения, на запорное устройство целесообразно поместить «электронную пломбу» – приспособление, выдающее сигнал при попытке его несанкционированного вскрытия.

При перевозках опасных грузов навалом/насыпью представляется целесообразным использовать датчики нагрузки на оси. Существуют разновидности датчиков для автомобилей с рессорной подвеской и с пневмоподвеской. В первом случае датчик монтируется между грузовой платформой (или рамой) и подрессорной осью с помощью системы рычагов, во втором – включается в любое место пневмосистемы и реагирует на изменение давления в ней.

При перевозке опасных грузов в цистернах должна быть оснащена датчиками уровня, позволяющим измерять объём жидкости или газов при любом пространственном положении емкости.

Вывод

Проведенный анализ существующих интеллектуальных транспортных систем применяемых во время перевозки опасных грузов на автомобильном транспорте дает возможность сделать однозначный вывод, что усо-

вершенствование ИТС еще будет. Из приведенного анализа видно что данные ИТС нужно развивать в направлении построение маршрута для движения ТС, которое перевозит опасный груз с учетом мест ДПП.

Литература

1. Достаточно общая теория управления. Постановочные материалы учебного курса факультета прикладной математики – процессов управления Санкт-Петербургского университета (1997–2004 гг.) (Вторая редакция 2003-2004 гг.). – М.: НОУ «Академия управления», 2011. – 416 с.

2. Кузнецов, А.В. Интеграция систем: подходы и решения / А.В. Кузнецов // Автоматика, связь, информатика. – 2011. – № 7. – С. 14-15.

3. Бекмагамбетов, М.М. Обзор мирового опыта развития интеллектуальных транспортных систем / М.М. Бекмагамбетов, А.В. Кочетков // Грузовик. – М.: Научно-техническое изд-во Машиностроение. – 2014. – № 4. – С. 8–16.

4. Жанказиев, С.В. Мировой опыт становления и развития региональных ИТС / С.В. Жанказиев, Т.В. Воробьёва // Вестник ГЛОНАСС. – 2013. – 17 июля.

5. Европейского соглашения о международной дорожной перевозке опасных грузов.

6. National Intelligent Transportation System (ITS) Architecture. Executive Summary. Research and Innovation Technology Administration (RITA). US Department of Transportation. – Washington D.C., January 2012.

УДК 621.41

АНАЛИЗ ПРЕОБРАЗУЮЩЕГО МЕХАНИЗМА ДВИГАТЕЛЯ С РЕГУЛИРУЕМОЙ СТЕПЕНЬЮ СЖАТИЯ ANALYSIS OF THE REFORMATIVE MECHANISM OF THE ENGINE WITH ADJUSTABLE EXTENT OF COMPRESSION

Альферович В.В., кандидат технических наук, доцент;

Предко А.В., старший преподаватель

(Белорусский национальный технический университет, г. Минск)

Alferovich V.V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

Predko A.V., Senior Lecturer

(Belarusian National University, Minsk)

Аннотация. *Рассмотрена возможность использования известного механизма в двигателе с регулируемой степенью сжатия.*

Abstract. *The opportunity of using the known mechanism in engine with variable compression ratio was considered.*

Некоторые схемы прямолинейно-направляющих механизмов (ПНМ), например, одну из которых использовал С.С. Баландин в авиационном двигателе ОМ-127РН, позволяют не только повысить механический КПД двигателя, но могут и обеспечить регулирование геометрической степени сжатия в зависимости от режимов работы двигателя по команде системы управления. Последнее является перспективным направлением современного двигателестроения, так как улучшаются параметры рабочего процесса и создаются предпосылки для создания многотопливных двигателей. Важность этой проблематики подтверждается широко проводимыми НИР и ОКР ведущими зарубежными компаниями.

Структурная схема ПНМ, использованная С.С. Баландиным, представлена на рисунке 1а. При равенстве длин звеньев OC и AC ($r = e$) и их угловых скоростей по модулю, но имеющих противоположенные знаки, траекторией точки A является прямая, совпадающая с осью цилиндра. При этом ход поршня равен

$$S_A = 4r,$$

а его перемещение

$$S_A = 2r (1 - \cos \varphi).$$

При этом поршень разгружен от действия боковых сил, а силы инерции от возвратно-поступательно движущихся масс характеризуются лишь первым порядком. Кинематическая связь между звеньями OC и AC обеспечивается механизмом синхронизации (МС), например, зубчатым.

При повороте одного из опорных звеньев МС (на рисунке не показано) на некоторый угол, происходит отклонение прямолинейной траектории $f-f$ точки A от оси цилиндра на угол ψ (рисунок 1б).

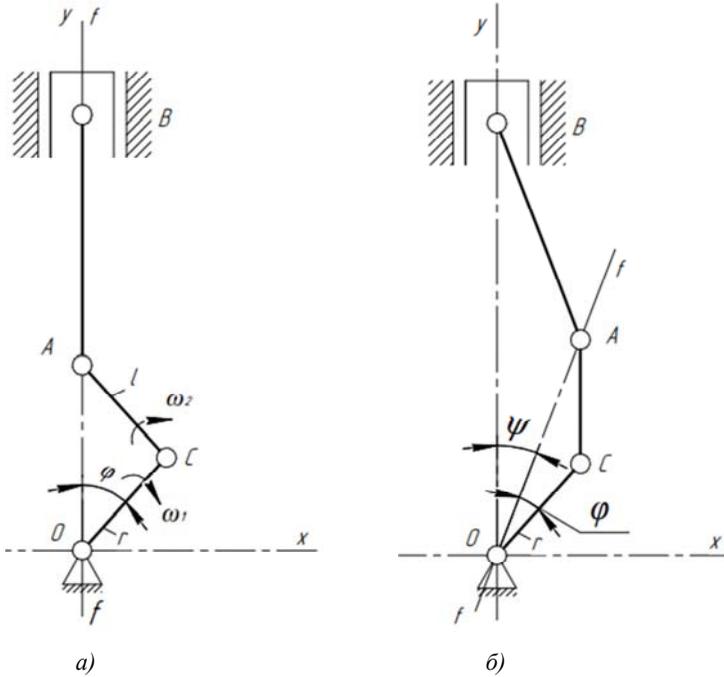
Указанное вызывает уменьшение перемещения поршня до величины

$$S_{A\psi} = r \left(2 \cos \psi (1 - \cos \varphi) - \frac{\lambda}{4} (1 - \cos 2\psi)(1 - \cos 2\varphi) \right),$$

и геометрической степени сжатия, которую можно определить из выражения

$$\varepsilon_\psi = \frac{\cos \psi}{\frac{1}{\varepsilon - 1} + \frac{1 - \cos \psi}{2} + \frac{\lambda}{8}(1 - \cos 2\psi)},$$

где ε – степень сжатия при $\psi = 0$.



а) при постоянной степени сжатия; б) при изменении степени сжатия

Рисунок 1 – Схема преобразующего механизма

При $\psi \neq 0$ возникает боковая сила, действующая на поршень, что несколько снижает механический КПД.

Зависимости степени сжатия от угла ψ , а также относительных величин изменения хода поршня S_ψ / S_0 и объема камеры сгорания $V_{K\psi} / V_{K0}$ от того же угла представлены на рис. 2, где S_ψ , S_0 и $V_{K\psi}$, V_{K0} соответственно ход поршня и объем камеры сгорания при $\psi \neq 0$ и при $\psi = 0$.

Анализ этих зависимостей позволяет заключить, что на базе подобных механизмов возможно создание двигателей с регулируемой степенью сжатия и многотопливных двигателей.

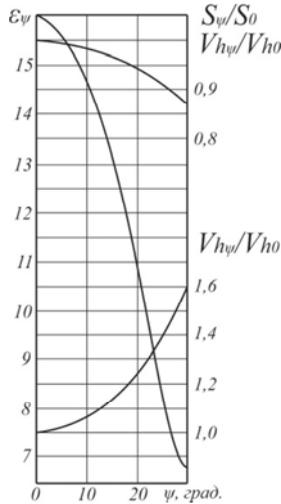


Рисунок 2 – Зависимость степени сжатия и относительных величин изменения хода и объема камеры сгорания от угла поворота ψ

УДК 621.436

**ВЛИЯНИЕ СОСТАВА БУТАНОЛСОДЕРЖАЩЕГО ТОПЛИВА
НА ПРОЦЕСС СГОРАНИЯ ДИЗЕЛЯ**

**INFLUENCE OF COMPOSITION OF FUEL CONTAINING
BUTANOL ON DIESEL COMBUSTION PROCESS**

Кухаренок Г.М., доктор технических наук, профессор;

Гершань Д.Г., старший преподаватель

(Белорусский национальный технический университет)

Kukharenok G.M., Doctor of Technical Sciences, professor;

Hershan D.G., Senior Lecturer

(Belarusian National Technical University)

Аннотация. Выполнены исследования процесса сгорания дизеля, работающего на топливе, содержащем 10, 20, 30 и 40 % бутанола по объему, при степенях сжатия 16, 18 и 20.

Abstract. The research of diesel combustion process when using fuel containing butanol has been conducted at compression ratios of 16, 18 and 20. The volume content of butanol in the fuel was 10, 20, 30 and 40 %.

Основную часть нефти, необходимую для внутреннего потребления, приходится закупать у других стран. Даже увеличение добычи собственной нефти не сможет покрыть потребность страны в ней. Поэтому использование альтернативных видов топлива, производимых из возобновляемого сырья, для нашей страны является актуальной проблемой.

В качестве альтернативного моторного топлива относительно недавно стал рассматриваться бутанол, в связи с появлением технологий позволяющих наладить его промышленное производство [1–8].

Для определения возможности использования бутанола в двигателях и организации качественного рабочего процесса необходимо исследовать процесс сгорания смесей дизельного топлива с бутанолом.

Исследования проведены на одноцилиндровой установке ИТ9-3М. Для индицирования использовалась многоканальная система индицирования AVL IndiSmart 612. Текущие давления в цилиндре воспринимает неохлаждаемый пьезодатчик, для установки которого в головке цилиндра использовался канал штатного индикатора воспламенения.

На первом этапе исследования регулировки системы топливоподачи не изменялись. На втором этапе для каждого топлива устанавливалась величина цикловой порции топлива, которая обеспечивала требуемый технологический расход $13 \text{ см}^3/\text{мин}$.

Для проведения сравнительного анализа снимались индикаторные диаграммы при работе установки на дизельном топливе и его смесях с бутанолом при степенях сжатия 16, 18 и 20. Объемное содержание бутанола $C_{\text{бут}}$ в смесях составляет 10, 20, 30 и 40 %.

Индикаторные диаграммы при работе на дизельном топливе и его смесях с бутанолом представлены на рисунках 1–3.

Необходимо отметить устойчивый характер работы установки на всех смесях для выбранных степеней сжатия.

Приведенные зависимости показывают, что отличаются процессы сгорания при использовании не только смесового топлива, но и при разных значениях степени сжатия. Так при использовании дизельного топлива максимальное давление сгорания p_z при степенях сжатия 18 и 20 выше на 7,7 и 11,2 % по сравнению p_z при ϵ равной 16. Рост величины p_z обусловлен не только увеличением давления конца сжатия, вызванным повышением ϵ , но и ранним воспламенением смеси.

Средняя скорость нарастания давления ($\Delta p/\Delta t$) по мере увеличения степени сжатия возрастает, так при ϵ равной 16 этот показатель равен 0,72 МПа/мс, при ϵ равной 18 – 0,82 МПа/мс и при ϵ равной 20 – 0,9 МПа/мс.

По мере увеличения содержания бутанола в смеси происходит снижение максимального давления сгорания, так при его концентрации в смеси 10 % и степени сжатия 16 оно на 3 % ниже, чем при применении дизельно-

го топлива. При степенях сжатия 18 и 20 снижение максимального давления составляет $\sim 7\%$. Причем для 30 и 40 % смеси при рассматриваемых степенях сжатия процесс сгорания начинается после ВМТ.

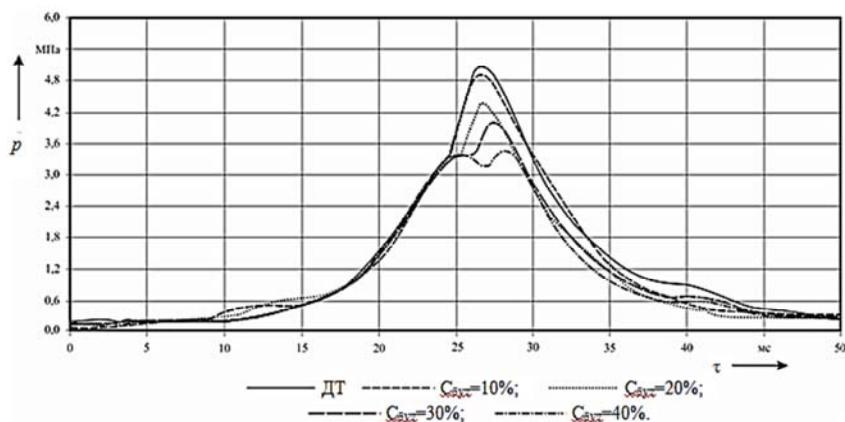


Рисунок 1 – Индикаторные диаграммы при работе на дизельном топливе и его смесях с бутанолом при степени сжатия 16 (без регулировки цикловой подачи топлива)

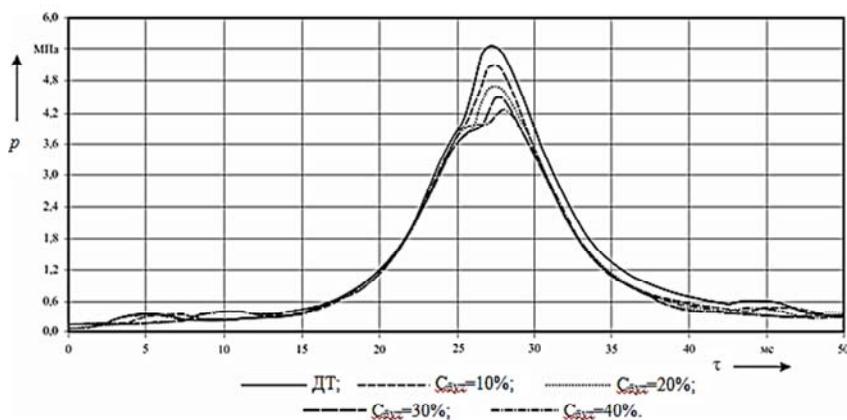


Рисунок 2 – Индикаторные диаграммы при работе на дизельном топливе и его смесях с бутанолом при степени сжатия 18 (без регулировки цикловой подачи топлива)

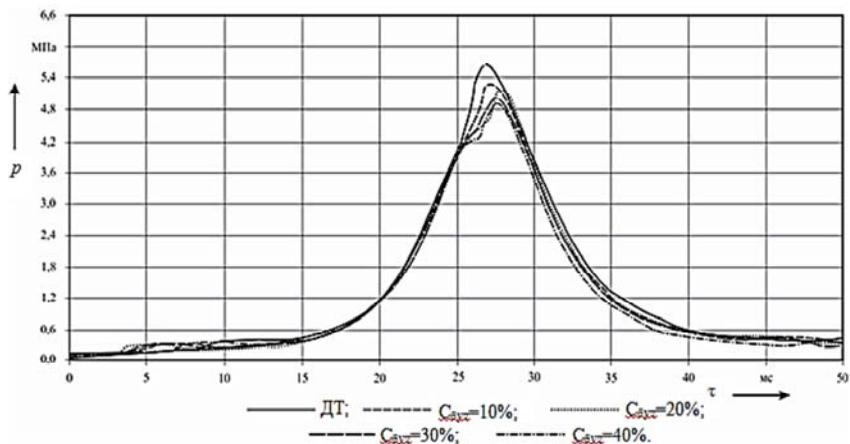


Рисунок 3 – Индикаторные диаграммы при работе на дизельном топливе и его смесях с бутанолом при степени сжатия 20 (без регулировки цикловой подачи топлива)

Интенсивность снижения p_z с ростом содержания бутанола в смеси возрастает. При 40% концентрации бутанола в смеси уменьшение максимального давления при степенях сжатия 16, 18 и 20 соответственно составляет 46,8; 22,1 и 14,9%.

Средняя скорость нарастания давления также снижается по мере увеличения содержания бутанола в смеси. При работе установки на 10 % смеси $\Delta p/\Delta t$ для степеней сжатия 16, 18 и 20 соответственно равна 0,53, 0,56 и 0,71 МПа/мс. При использовании 40 % смеси в качестве моторного топлива величина $\Delta p/\Delta t$ снижается и для степеней сжатия 16, 18 и 20 соответственно равна 0,29, 0,33 и 0,52 МПа/мс.

На уменьшение максимального давления сгорания оказывает влияние ряд факторов: меньшие теплотворности смесевых топлив, чем дизельного топлива, уменьшение цикловой подачи топлива и увеличение периода задержки воспламенения топлива.

Период задержки воспламенения θ в случае применения 10 % смеси дизельного топлива и бутанола практически не отличается от случая использования дизельного топлива. Наибольшая разность в значениях θ (более 2 мс) при использовании дизельного топлива и его смеси, содержащей 40 % бутанола наблюдается при ϵ равной 16. Увеличение степени сжатия несколько уменьшает величину θ и при степенях сжатия 18 и 20 разность θ , соответствующих работе на дизельном топливе и его смеси, содержащей 40 % бутанола, составляет соответственно 1,8 и 1,7 мс. При степени сжа-

тия 20 для 30 и 40 % смесей различий в θ практически не наблюдается. Увеличение θ по мере роста концентрации бутанола обусловлено уменьшением цетанового числа смесевых топлив.

Происходящее сокращение разности p_z , получаемых при использовании дизельного топлива и его смесей с бутанолом, с ростом ε обусловлено уменьшением θ .

Результаты исследований при одинаковой цикловой подаче топлива приведены на рисунках 4–6.

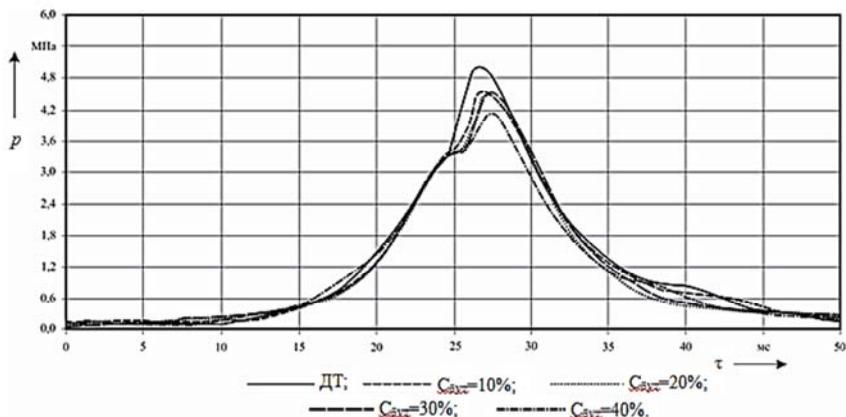


Рисунок 4 – Индикаторные диаграммы при работе на дизельном топливе и его смесях с бутанолом при степени сжатия 16 (с регулировкой цикловой подачи топлива)

В случае использования 10% смеси дизельного топлива с бутанолом величина p_z практически не изменилась. По сравнению с работой без регулировок величина p_z при использовании смесей, содержащих более 10% бутанола, выросла.

В случае применения 40% смеси дизельного топлива с бутанолом рост p_z для степени сжатия 16 составляет 19,3%, ε равной 18 – 16,8% и ε равной 20 – 5,1%.

После корректировки цикловой подачи топлива скорость нарастания давления возрастает и для смеси содержащей 10% бутанола при ε равных 16, 18 и 20 соответственно равна 0,93, 0,63, 0,57 МПа/мс. Величина $\Delta p/\Delta t$ для 40% смеси при ε равной 16 соответствует 0,39 МПа/мс, при ε равной 18 – 0,65 МПа/мс, при ε равной 20 – 0,68 МПа/мс.

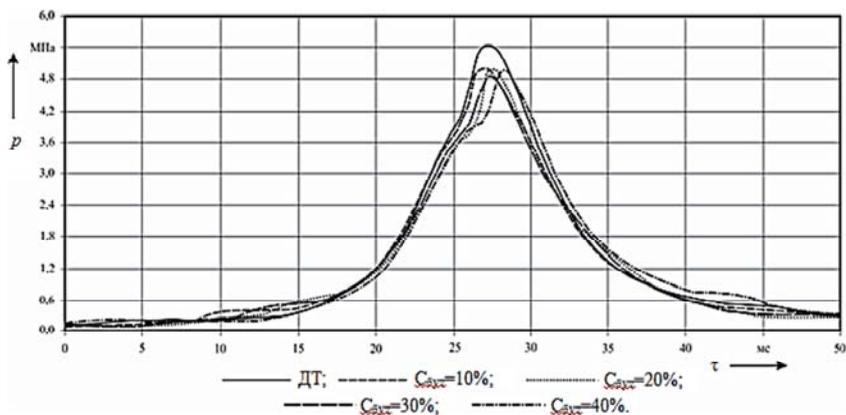


Рисунок 5 – Индикаторные диаграммы при работе на дизельном топливе и его смесях с бутанолом при степени сжатия 18 (с регулировкой цикловой подачи топлива)

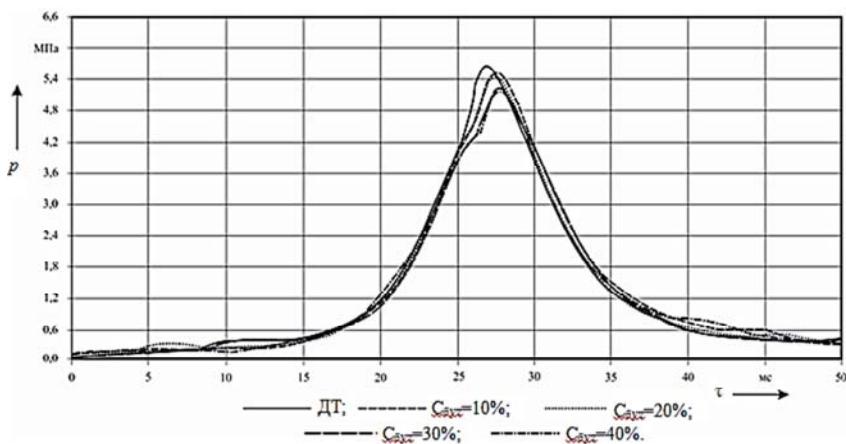


Рисунок 6 – Индикаторные диаграммы при работе на дизельном топливе и его смесях с бутанолом при степени сжатия 20 (с регулировкой цикловой подачи топлива)

Период задержки воспламенения снижается по мере увеличения степени сжатия и возрастает с увеличением концентрации этанола в смеси. Для смеси, содержащей 10 % бутанола в случае ϵ равной 16 величина θ на 1,8 мс больше, чем при использовании дизельного топлива. По мере увеличения

степени сжатия эта разность практически исчезает. Для смесей с большей концентрацией бутанола тенденция сокращения разности периодов задержки воспламенения смесевых и дизельных топлив сохраняется, максимальная разность соответствует работе на 40 % смеси.

Увеличение концентрации бутанола в смеси приводит к росту периода задержки воспламенения, падению максимального давления сгорания (без регулировки). При увеличении степени сжатия происходит сокращение периода задержки воспламенения для всех смесей, меньшее снижение максимального давления сгорания, разница в изменении давления в цилиндре в процессе сгорания для дизельного топлива и исследуемых смесей уменьшается.

При содержании в топливе до 20 % бутанола по объему показатели процесса сгорания дизеля практически не меняются по сравнению с показателями, полученными при работе на дизельном топливе.

Литература

1. Емельянов, В.Е. Автомобильный бензин и другие виды топлива: свойства, ассортимент, применение / В.Е. Емельянов, И.Ф. Крылов. – М.: Астрель: АСТ: Профиздат, 2005. – 207 с.

2. Комаров, С.М. Тулунский бутанол: топливо из леса / С.М. Комаров // Химия и жизнь. – 2009. – № 5 – С. 8–11.

3. Марков, В.А. Спиртовые топлива для дизельных двигателей / В.А. Марков, Н. Н. Патрахальцев // Транспорт на альтернативном топливе. – 2010. – № 1 (13) – С. 22–26.

4. Rakopoulos, D.C. Investigation of the performance and emissions of bus engine operating on butanol/diesel fuel blends / D.C. Rakopoulos [et al.] // Fuel. – 2010. – No. 89. – P. 2781–2790.

5. Dziegielewski, W. Butanol/biobutanol as a component of an aviation and diesel fuel / W. Dziegielewski [et al.] // Journal of KONES Powertrain and Transport. – 2014. – Vol. 21, No. 2. – P. 69–75.

6. Anil Kumar, Y. Performance and emission characteristics of spark ignition engine fuelled with gasoline/n-butanol blends / Y. Anil Kumar, B. Prabakaran // International Journal of Engineering Sciences & Research Technology. – 2015. – No. 4(3). – P. 257–263.

7. Болотник, Е.В. Основы технологии получения биобутанола использованием отселектированного штамма *clostridium acetobutylicum* БИМ В-709 Д: автореф. дис. ... канд. биолог. наук: 03.01.06 / Е.В. Болотник; Нац. акад. наук Беларуси – Минск, 2015. – 25 с.

8. Перспективы использования сельскохозяйственных растительных культур для производства топлива в Республике Беларусь / О.А. Ивашевич [и др.] // Вестник БГУ. Сер. 2, Химия. – 2009. – № 1 – С. 4–13.

УДК 621.436

**ПАРАМЕТРЫ РЕЦИРКУЛЯЦИИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ
В ДИЗЕЛЕ, РАБОТАЮЩЕМ НА СМЕСЯХ
ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА И БУТАНОЛА**

**THE PARAMETERS OF EXHAUST GAS RECIRCULATION IN A
DIESEL ENGINE, RUNS ON A MIXTURE OF DIESEL AND BUTANOL**

Кухарёнок Г.М., доктор технических наук, профессор;

Петрученко А.Н., кандидат технических наук, доцент;

Гершань Д.Г., старший преподаватель

(Белорусский национальный технический университет)

Kukharenok G.M., Doctor of Technical Sciences, Professor;

Petruchenko A.N., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

Hershan D.G., Senior Lecturer

(Belarusian National Technical University)

Аннотация. *Проведены расчетные исследования. Получены регрессионные зависимости показателей рабочего процесса дизеля от параметров рециркуляции отработавших газов. Установлены параметры рециркуляции отработавших газов дизеля, работающего на смесях дизельного топлива бутанолом, обеспечивающие выбросы оксидов азота на уровне Евро-5.*

Abstract. *Conducted computational studies. Obtained regression parameters according to the working process of a diesel engine on the parameters of exhaust gas recirculation. The parameters of the recycling exhaust gases of a diesel engine running on diesel butanol mixtures to ensure the emissions of nitrogen oxides at the Euro-5.*

При использовании смесей дизельного топлива и бутанола на режимах 100 и 75 % нагрузки 13-ступенчатого цикла ESC (A75, A100, B75, B100, C75, C100) наблюдается рост выбросов оксидов азота (NO_x) [1]. В результате суммарные выбросы NO_x оказываются выше норм, установленных Евро-5.

С целью установления возможности снижения выбросов NO_x за счет увеличения количества рециркулируемых газов при использовании смесей дизельного топлива с бутанолом были проведены расчетные исследования.

Нижние значения пределов изменения цикловой подачи топлива и степени рециркуляции соответствовали работе на дизельном топливе [2]. Верхние пределы определились расчетом при использовании смесей с содержанием бутанола до 30 % (таблица 1).

Расчеты проводились для смесевоего топлива, в котором содержание бутанола последовательно увеличивалось на 5%. Продолжительность впрыска топлива в процессе расчетных исследований не изменялась и со-

ответствовала значениям, принятым при моделировании рабочего процесса с использованием дизельного топлива.

Таблица 1 – Верхние пределы изменения цикловой подачи топлива и степени рециркуляции

Параметры	Режимы					
	A75	A100	B75	B100	C75	C100
g_{it} , мм ³	118	160	128	180	134	172
ρ_p , %	19	30	30	28	19	18

На рисунке 1 представлены зависимости среднего индикаторного давления (p_i), удельного индикаторного расхода топлива (g_i) и выбросов оксидов азота от степени рециркуляции и цикловой подачи при содержании в смеси 5 % бутанола для режима 75 % нагрузки 13-ступенчатого цикла.

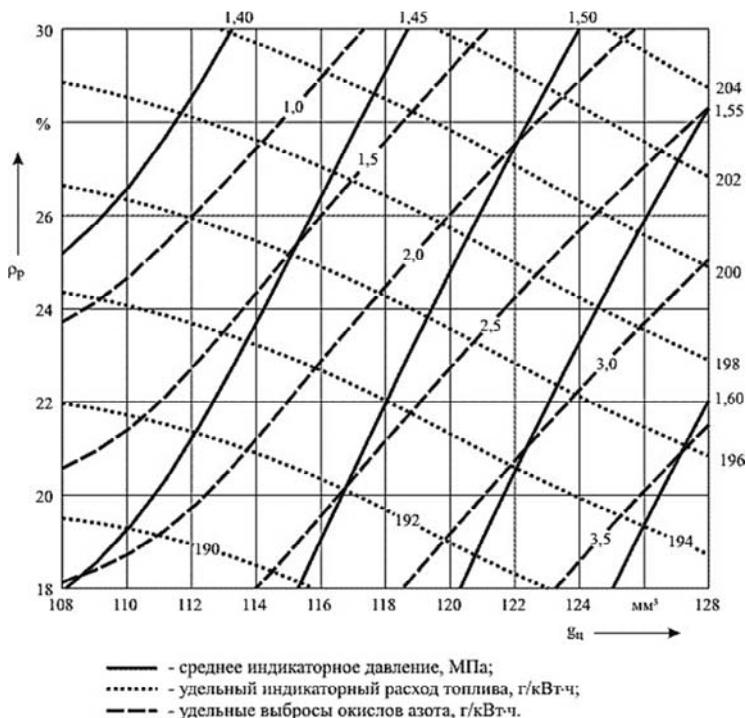


Рисунок 1 – Зависимости p_i , g_i и NO_x от степени рециркуляции и цикловой подачи при содержании в смеси 5 % бутанола для режима A75 ($n = 1400 \text{ мин}^{-1}$)

Для других режимов характер кривых практически одинаков. Увеличение количества рециркулируемых газов в цилиндре дизеля при неизменной цикловой подаче топлива приводит к снижению p_i и NO_x и росту g_i . Ухудшение мощностных и топливно-экономических показателей дизеля обусловлено увеличением количества отработавших газов в цилиндре, которые имеют более высокую теплоемкость по сравнению с воздухом, что приводит к повышению потерь теплоты. Рост тепловых потерь ведет к снижению максимальной температуры цикла. В результате снижаются выбросы NO_x . Максимальная температура в зависимости от цикла и количества подаваемого топлива уменьшается в среднем на $170\text{--}240^\circ$. Снижение максимальной температуры происходит при незначительном повышении максимального давления цикла. Это вызвано увеличением количества газов участвующих в рабочем цикле.

Изменение мощностных и топливо экономических показателей в зависимости от степени рециркуляции индивидуально для каждого из режимов. Так для режима A75 увеличение степени рециркуляции с 11 до 19 % ведет к росту g_i и снижению $p_i \sim 2,5\%$ при цикловой подаче топлива 102 мм^3 . Для цикловой подачи 118 мм^3 ухудшение показателей g_i и p_i составляет $\sim 3\%$. При моделировании рабочего процесса с учетом параметров, соответствующих режиму A100, показатели g_i и p_i ухудшаются при увеличении степени рециркуляции с 18 % до 28 % более чем на 5,5 % при цикловой подаче 144 мм^3 и на 7 % при $g_{\text{ц}}$ равном 160 мм^3 . Для других рассматриваемых режимов снижение p_i и увеличение g_i составляет 5–7 % при соответствующем увеличении степени рециркуляции отработавших газов.

Характер изменения выбросов оксидов азота в зависимости от ρ_p и $g_{\text{ц}}$ во многом повторяет зависимости изменения p_i , однако динамика роста NO_x по мере повышения $g_{\text{ц}}$ ниже приращения величины среднего индикаторного давления, что указывает на возможность выбора таких значений $g_{\text{ц}}$ и ρ_p , при которых выбросы оксидов азота не будут превышать значений экологического уровня Евро-5.

В свою очередь рост $g_{\text{ц}}$ при постоянном количестве рециркулируемых газов сопровождается повышением p_i , NO_x и g_i . Увеличение g_i при росте p_i обусловлено снижением коэффициента избытка воздуха, при этом происходит увеличение максимальной температуры цикла. Для режимов с 75 % нагрузкой рост максимальной температуры цикла в пределах изменения цикловой подачи составляет $90\text{--}120^\circ$ (5–7 %), а для режимов 100 % нагрузки рост температуры находится в пределах $50\text{--}100^\circ$ (3–6 %). Большие значения соответствуют режимам с большими диапазонами изменения $g_{\text{ц}}$.

Проведенные исследования показывают, что для смесевых топлив, содержащих бутанола существует такое сочетание $g_{\text{ц}}$ и ρ_p при которых вы-

бросы оксидов азота будут соответствовать Евро-5. Для определения требуемых сочетаний $g_{ц}$ и ρ_p были получены регрессионные зависимости.

Они представлены в виде полинома второго порядка [3]:

$$y = a_0 + a_1 \cdot \delta'_{\text{б\text{y}т}} + a_2 \cdot \rho'_p + a_3 \cdot g'_{ц} + a_{11} \cdot \delta'^2_{\text{б\text{y}т}} + a_{22} \cdot \rho'^2_p + a_{33} \cdot g'^2_{ц} + a_{12} \cdot \delta'_{\text{б\text{y}т}} \cdot \rho'_p + a_{13} \cdot \delta'_{\text{б\text{y}т}} \cdot g'_{ц} + a_{23} \cdot \rho'_p \cdot g'_{ц}, \quad (1)$$

где $a_0 \dots a_{23}$ – коэффициенты регрессии;

$\delta'_{\text{б\text{y}т}}$, ρ'_p , $g'_{ц}$ – приведенные значения, соответственно концентрации бутанола в смеси, степени рециркуляции и цикловой подачи топлива.

Диапазоны изменения параметров $g_{ц}$ и ρ_p соответствуют значениям, приведенным в таблице 1, а концентрация бутанола в смеси изменяется от 0 до 30 %. Эксперимент проведен в соответствии с D оптимальным планом [3].

Значения показателей p_i , g_i и NO_x были получены расчетом. Для определения коэффициентов регрессии использовался метод наименьших квадратов, основные положения методики расчета и оценки значимости коэффициентов регрессии приведены в работе [3]. В таблице 2 приведены значения коэффициентов регрессии, аппроксимирующей изменение показателей p_i , g_i и NO_x , максимальной температуры и давления цикла и коэффициента избытка воздуха для смесового топлива с содержанием бутанола до 30 %.

Таблица 2 – Значения коэффициентов регрессии, аппроксимирующих изменение показателей работы дизеля на режиме А75

	p_i	g_i	NO_x	p_z	T_{max}	α
a_0	1,487148	187,3653	2,936211	12,14781	1767,678	2,010885
a_1	-0,05072	5,467778	-0,36864	-0,11467	-33,8389	0,086999
a_2	-0,02178	2,741944	-0,59314	-0,04744	-55,6833	0,056623
a_3	0,095167	1,637389	1,497086	0,269278	58,32222	-0,16268
a_{11}	5,56E-05	0,184	0,000796	0,003556	-0,65	0,002973
a_{22}	-0,00011	0,0605	0,07424	0,024889	-1,98333	0,003752
a_{33}	-0,00194	0,131833	-0,13504	-0,03794	-1,76667	0,01176
a_{12}	0,001333	-0,00225	0,182556	0,017333	-0,05833	0,004264
a_{13}	-0,00233	-0,07092	-0,15002	-0,01825	-0,725	-0,00618
a_{23}	-0,00267	0,184417	-0,15141	-0,01817	-1,11667	-0,00791

Для определения требуемого сочетания параметров $g_{ц}$ и ρ_p для выбранных концентрацией бутанола в смеси использована надстройка «Поиск решения» приложения Microsoft Office Excel.

С помощью, предложенного надстройкой «Поиск решения», «Эволюционный поиск решения», для режимов 75 и 100 % нагрузки 13-ступенчатого цикла, были последовательно определены значения g_d и ρ_p (таблица 3) дизеля, работающего на смесевом топливе с изменением концентрации бутанола в пределах от 0 до 30 %.

Таблица 3 – Значения степени рециркуляции отработавших газов и цикловой подачи топлива для смесей с различным содержанием бутанола

Параметры	Концентрация бутанола в смеси $\delta_{бвт}$, %							Режим
	0	5	10	15	20	25	30	
ρ_p , %	11	12,56	13,33	14,9	15,68	16,44	17,45	A75
$g_{ц}$, мм ³	104	105,9	107,55	109,65	111,4	113,2	115,3	
ρ_p , %	18	18,6	19,3	19,3	20,25	20,17	20,1	A100
$g_{ц}$, мм ³	144	146,1	148,95	150,95	154,1	156,33	158,65	
ρ_p , %	20,8	22,2	23,1	24,4	25,2	26	27,1	B75
$g_{ц}$, мм ³	108	110,1	112	114,2	116,2	118,2	120,9	
ρ_p , %	22	22,3	22,9	23,99	24,67	25,1	25,33	B100
$g_{ц}$, мм ³	158,8	160,1	164,45	167,95	171,08	174	177,81	
ρ_p , %	11	12,96	14,94	16,42	16,92	17,4	18,66	C75
$g_{ц}$, мм ³	118	120	122,7	125,29	127,6	129,63	132,4	
ρ_p , %	0,11	12,2	13,13	14,36	15,4	16,95	17,37	C100
$g_{ц}$, мм ³	150	152,8	155,6	158,83	162	166,2	170	

Проведенные исследования позволили определить параметры рециркуляции отработавших газов, обеспечивающие приведенные выбросы NO_x дизеля на уровне Евро-5. В тоже время использование смесевых топлив приводит к увеличению удельного индикаторного расхода топлива [g_i] по сравнению с дизельным топливом (таблица 4). Величины [g_i] рассчитаны с учетом весовых коэффициентов, используемых при расчете [NO_x].

Таблица 4 – Приведенные значения [NO_x] и [g_i]

Показатели	Концентрация бутанола в смеси $\delta_{бвт}$, %						
	0	5	10	15	20	25	30
NO_x , г/(кВт·ч)	1,999	1,986	1,985	1,974	1,974	1,961	1,963
ΔNO_x , г/(кВт·ч)	0,0	0,013	0,014	0,024	0,024	0,038	0,035
δ_{NO_x} , %	0,0	0,7	0,7	1,2	1,2	1,9	1,8
g_i , г/(кВт·ч)	184,9	188,0	190,5	193,3	195,9	198,6	201,6
Δg_i , г/(кВт·ч)	0,0	3,1	5,6	8,4	11,0	13,7	16,7
δ_{g_i} , %	0,0	1,7	3,1	4,5	6,0	7,4	9,0

Литература

1. Кухарёнок, Г.М. Показатели работы дизеля с рециркуляцией отработавших газов при применении спиртосодержащих топлив [Текст] / Кухаренко Г.М, Петрученко А.Н. // Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов: сборник научных трудов / Филлиал БНТУ «Научно-исследовательская часть». – Минск, 2014. – С. 203–207.
2. Кухаренко, Г.М. Снижение выбросов вредных веществ дизельных двигателей [Текст] / Г.М. Кухаренко, А.Н. Петрученко, В.И. Березун. – Минск, 2013. – 248 с.
3. Хартман, К. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов [Текст] / К. Хартман [и др.]. – Москва: Мир, 1977. – 552 с.

УДК 621. 436

ПОКАЗАТЕЛИ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ДИЗЕЛЯ, РАБОТАЮЩЕГО НА СМЕСЯХ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА И МЕТИЛОВОГО ЭФИРА ЖИРНЫХ КИСЛОТ РАПСОВОГО МАСЛА

INDICATORS WORKING PROCESS OF A DIESEL ENGINE RUNNING ON DIESEL OIL, AND MIXTURES OF THE METHYL ESTER OF RAPESEED OIL FATTY ACIDS

Кухарёнок Г.М., доктор технических наук, профессор;

Петрученко А.Н., кандидат технических наук, доцент;

Капский Д.В., доктор технических наук, доцент

(Белорусский национальный технический университет)

Kukharenok G.M., Doctor of Technical Sciences, Professor;

Petruchenko A.N., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

Kapski D.V., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

(Belarusian National Technical University)

Аннотация. *Получены экономические и мощностные показатели дизеля при работе на смесях дизельного топлива и метилового эфира жирных кислот рапсового масла, а также характеристики топливоподачи и процесса сгорания. С ростом концентрации метилового эфира увеличивается максимальное давление впрыска топлива, снижается период задержки воспламенения, повышается максимальная скорость сгорания топлива, снижается среднее индикаторное давление и увеличивается удельный индикаторный расход топлива.*

Abstract. *The economic and power characteristics of the diesel engine when operating on mixtures of diesel fuel and methyl ester of fatty acids of rapeseed*

oil and the characteristics of fuel delivery and combustion process. With increasing concentration of methyl ester is increased the maximum pressure of fuel injection decreases the ignition delay period increases the maximum rate of fuel combustion, reduced mean indicated pressure indicator and increases the specific fuel consumption.

Для оценки влияния физико-химических свойств дизельного топлива, содержащего различное количество метилового эфира жирных кислот рапсового масла МЭРМ, на показатели работы дизеля выполнены расчетные исследования.

В качестве исходных данных, для проведения расчета, использовались параметры, соответствующие дизелю 4Ч 11×12,5 с топливной системой непосредственного действия разделенного типа. Исследования проводились для режима номинальной мощности ($N_e = 59,6$ кВт, $n = 2200$ мин⁻¹) при неизменных регулировочных и конструктивных параметрах. Концентрация МЭРМ в дизельном топливе составляла 2,5 %, 5 %, 10 %, 20 %, 30 %, 50 % и 75 %. Содержание МЭРМ в смеси определялось по массе. Для проведения сравнительного анализа расчетные исследования проводились для дизеля работающего и на «чистом» МЭРМ.

В качестве оценочных показателей работы дизеля на смесевых топливах были приняты его экономические и мощностные характеристики, а также характеристики топливоподачи и процесса сгорания.

Изменение давления и температуры газов в цилиндре дизеля работающего на смесевых топливах с различной концентрацией МЭРМ приведены на рисунках 1 и 2.

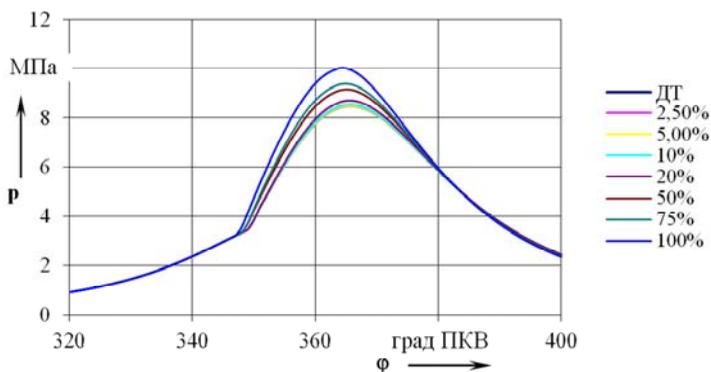


Рисунок 1 – Индикаторные диаграммы дизеля, работающего на топливе, содержащем различное количество МЭРМ

Максимальные значения температуры, давления и скорости нарастания давления газов получены путем обработки расчетных индикаторных диаграмм и зависимостей изменения температуры газов в цилиндре при протекании рабочего цикла с использованием дизельного топлива с различной концентрацией МЭРМ.

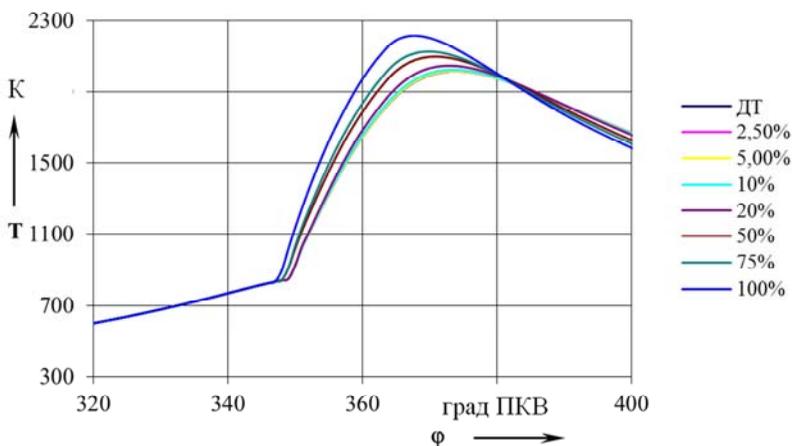


Рисунок 2 – Изменение температуры газов в цилиндре дизеля, работающего на топливе, содержащем различное количество МЭРМ

Как видно из индикаторных диаграмм по мере увеличения концентрации МЭРМ в дизельном топливе происходит рост максимального давления цикла. При концентрации МЭ 2,5; 5 и 10 % прирост максимального давления не существен – менее 1%. Дальнейшее увеличение содержания МЭРМ ведет к интенсивному росту максимального давления. Например, при содержании 20 % МЭРМ в дизельном топливе увеличение максимального давления составляет 2,5 %. Дальнейший рост концентрации МЭРМ ведет не только к росту максимального давления цикла, но и к смещению этого экстремума в сторону ранних углов. Наиболее высокая величина максимального давления соответствует работе дизеля на «чистом» МЭРМ, увеличение максимального давления составляет 18 %. При этом экстремальное значение давления достигается на 2 град ПКВ раньше по сравнению с нефтяным дизельным топливом.

Увеличение максимального давления цикла при росте концентрации МЭРМ сопровождается повышением скорости нарастания давления. Также интенсивно происходит снижение давления в цилиндре на такте рас-

ширения по мере увеличения количества МЭРМ в топливе. При этом давление в конце такта расширения оказывается ниже при использовании топлива с более высокой концентрацией МЭРМ.

Из анализа зависимостей изменения температуры газов при протекании рабочего процесса дизеля, работающего на топливах, содержащих различное количество МЭРМ, следует, что увеличении концентрации МЭРМ ведет к росту максимальной температуры цикла. При концентрации МЭРМ в смесевом топливе до 10 % максимальная температура цикла практически не меняется.

Рост максимальной температуры при использовании в качестве топлива «чистого» МЭРМ менее 10 %, при этом этот максимум достигается на 6 град ПКВ раньше по сравнению с дизельным топливом. Увеличение концентрации МЭРМ ведет также к уменьшению периода между моментами достижения максимального давления и максимальной температуры цикла.

Интенсивное снижение температуры на такте расширения наблюдается при увеличении концентрации МЭРМ в смесевом топливе, что ведет к уменьшению температуры конца расширения.

Увеличение максимальных значений температуры и давления при моделировании рабочего процесса дизеля, работающего на 5 % смеси МЭРМ с дизельным топливом составляет 0,1 %.

Как видно из зависимостей, приведенных на рисунке 3, увеличение концентрации МЭРМ в смесевом топливе вызывает рост максимальной скорости сгорания $\frac{dx}{d\varphi}$, по сравнению с дизельным топливом эта величина выше на 30 %. Сгорание «чистого» МЭРМ начинается раньше на 2 град ПКВ, чем дизельного и его смесей с концентрацией МЭРМ до 10 %. Таким образом, основными факторами, определяющими высокие значения скорости нарастания давления и максимального давления цикла является высокая максимальная скорость сгорания топлива и более раннее его воспламенение.

Снижение периода задержки воспламенения, вызванное меньшими значениями энергии активации у смесевых топлив с большей концентрацией МЭРМ, должно вести к уменьшению количества топлива накопившегося в цилиндре дизеля за это время, и, как следствие, к снижению скорости нарастания давления и его максимального значения. Однако этого не происходит, очевидно, изменение физических свойств топлив оказывает влияние на процесс топливоподачи.

С увеличением содержания МЭРМ в смеси скорость сгорания увеличивается. Это обеспечивает выгорание более половины цикловой порции для «чистого» МЭРМ за 9 град ПКВ, в то время как эта же доля топлива для нефтяного и смесевых топлив с концентрацией МЭРМ до 10 % выгорает за

12 град ПКВ (рисунок 4). Следствием такого сгорания является рост максимальной температуры цикла и ранее достижение этой величиной своего максимума.

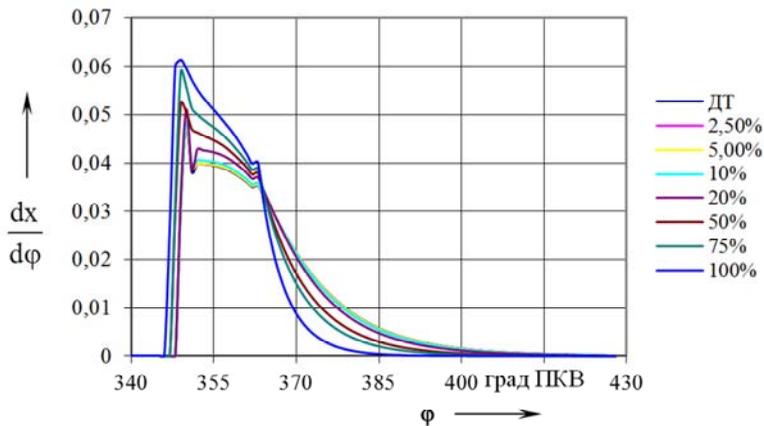


Рисунок 3 – Дифференциальные характеристики выгорания топлива в цилиндре дизеля, содержащего различное количество МЭРМ

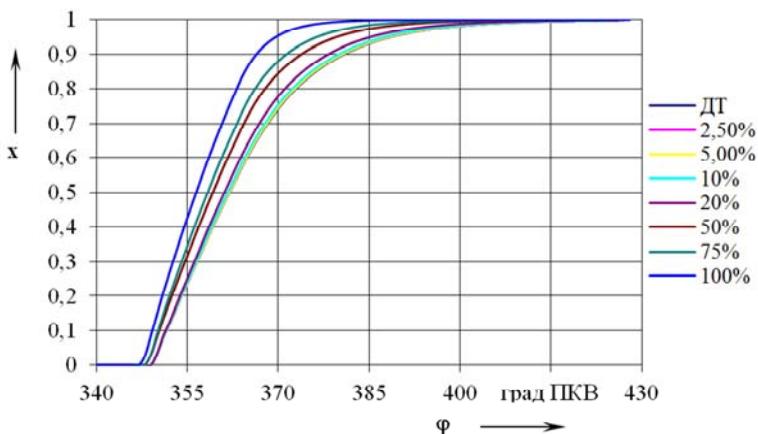


Рисунок 4 – Интегральные характеристики выгорания топлива в цилиндре дизеля, содержащего различное количество МЭРМ

Физические свойства смесевых топлив оказывают влияние на продолжительность сгорания топлива (φ_z). Увеличение концентрации МЭРМ в смесевом топливе в начале сокращает продолжительность выгорания топлива, а затем его увеличивает. Своего минимума этот параметр достигает при 50 % концентрации МЭРМ в смесевом топливе, абсолютное значение φ_z равно 74,5 град ПКВ. Затем с ростом концентрации МЭРМ продолжительность выгорания достаточно быстро увеличивается, впоследствии, превышая величину φ_z , соответствующую нефтяному топливу, которое выгорает на 3 град ПКВ раньше чем «чистый» МЭРМ.

С одной стороны увеличение концентрации МЭРМ в дизельном топливе ведет к росту коэффициента избытка воздуха, что сокращает время выгорания топлива. С другой рост сил поверхностного натяжения (σ_{CM}) увеличивает средний диаметр капель топлива, распыленного в камере сгорания, что повышает время их испарения. Изменения таких параметров смесевое топливо как его вязкость и плотность также влияют на размер капель. Таким образом, между продолжительностью выгорания смесевое топливо и его физико-химическими свойствами существует сложная функциональная связь. При малых концентрациях МЭРМ в смесевом топливе увеличение средней скорости впрыскивания компенсирует влияние возрастающего коэффициента поверхностного натяжения на величину среднего диаметра капель топлива, а рост коэффициента избытка воздуха уменьшает значение параметра φ_z . В дальнейшем величина капель существенно возрастает. При концентрации МЭРМ более 50 % испаряемость топлива снижается из-за значительного роста размера капель, в то время как коэффициент избытка воздуха увеличивается лишь на 3 % в случае применения «чистого» МЭРМ.

Для оценки влияния особенностей впрыскивания топлива на показатели рабочего цикла дизеля, работающего на смесевом топливе, целесообразно проанализировать характеристики впрыска топлива, представленные на рисунках 5 и 6.

Как следует из приведенных дифференциальных характеристик, повышение концентрации МЭРМ в смесевом топливе, более 50 %, приводит к раннему началу впрыска топлива (1 град ПКВ) и росту цикловой подачи при неизменных регулировочных и конструктивных параметрах топливной аппаратуры на 4 % по объёму и 10,2 % по массе. В тоже время за период задержки воспламенения «чистого» МЭРМ подается меньше, чем нефтяного дизельного топлива. Впрыск 5% смеси дает увеличение цикловой порции на 0,2 % по отношению к нефтяному дизельному топливу.

Одним из факторов, определяющим высокие скорости сгорания «чистого» МЭРМ, является то, что значительное количество топлива впрыскивается в цилиндр в период развитого горения, что ведет к его быстрому сгоранию и росту максимальной температуры.

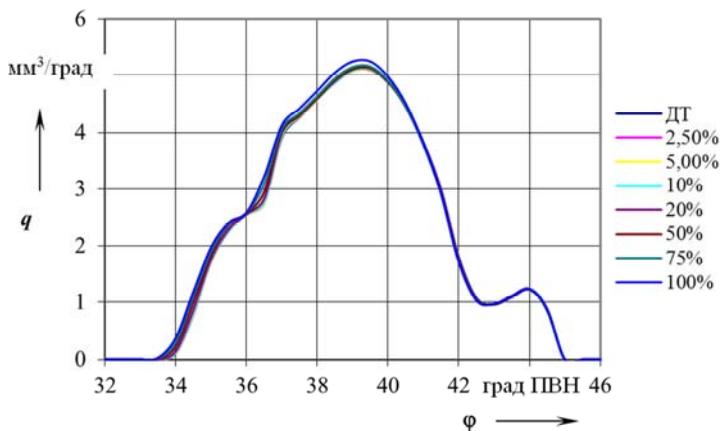


Рисунок 5 – Дифференциальные характеристики топливоподачи для различных топлив

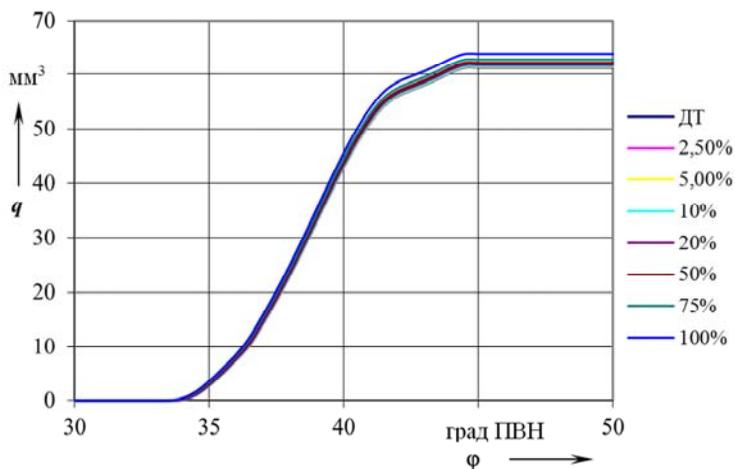


Рисунок 6 – Интегральные характеристики законов топливоподачи для различных топлив

Из анализа зависимостей, представленных на рисунках 7–9, следует, что увеличение количества МЭРМ в смеси повышает вязкость топлива, а это приводит с одной стороны к уменьшению объёмных потерь топлива в сопряжениях втулка-плунжер и распылитель-игла, с другой к увеличению потерь энергии впрыскивании в волновых процессах, возникающих в линии высокого давления. На изменение характеристик топливоподачи определяющее значение оказывает уменьшение объёмных потерь. Раннее истечение топлива в случае впрыскивания МЭРМ обусловлено интенсивным ростом давления во всех характерных полостях топливоподающей системы. Для смесевых топлив содержащих более 50 % МЭРМ открытие нагнетательного клапана начинается на 1 град ПКВ раньше. Однако волна давления достигает кармана распылителя форсунки для всех топлив одновременно. Продолжительность распространения волны давления от штуцера топливного насоса до кармана распылителя составляет 8 град ПКВ.

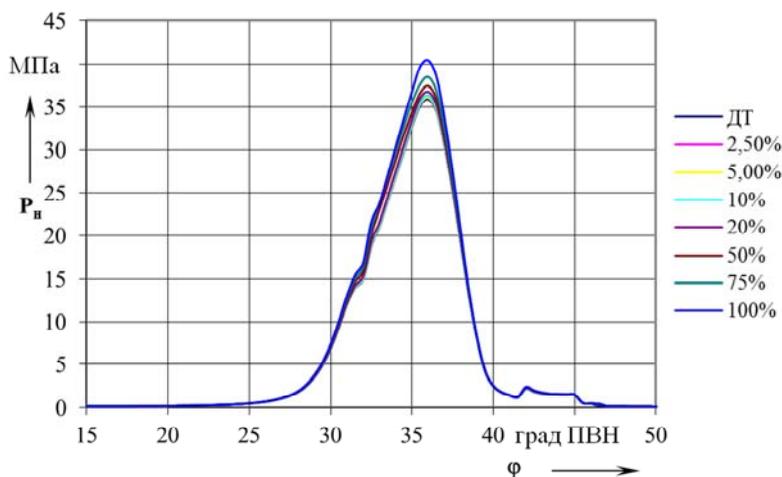


Рисунок 7 – Изменение давления в надплунжерном пространстве для смесевых топлив с различной концентрацией МЭРМ

Высокая динамика развития процесса подачи МЭРМ в цилиндр дизеля ведет к росту максимального давления впрыскиваемой жидкости во всех контрольных полостях более чем на 4,5 МПа по сравнению дизельным топливом. В тоже время при работе на 5 % смеси увеличение давления составляет 0,6 % по отношению к дизельному топливу.

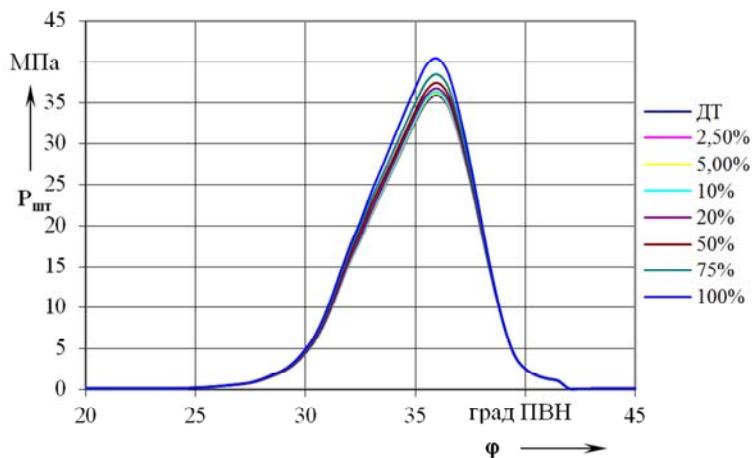


Рисунок 8 – Изменение давления в штуцере топливного насоса для смесевых топлив с различной концентрацией МЭРМ

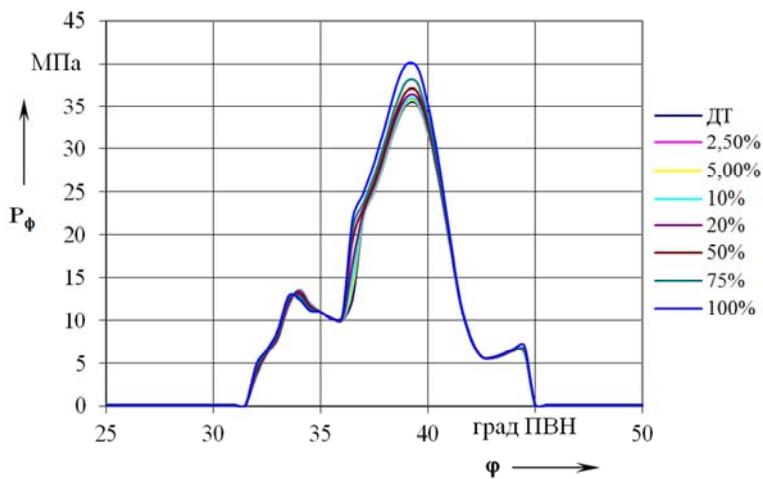


Рисунок 9 – Изменение давления в кармане распылителя для смесевых топлив с различной концентрацией МЭРМ

После отсечки давление в контрольных участках топливоподающей аппаратуры выравнивается интенсивнее с увеличением количества МЭРМ

в смесевом топливе. Увеличение, а затем быстрое падение давления обусловлены увеличением плотности смесового топлива. Плотность определяет скорость распространения волн давления в жидкой среде, что наряду со снижением объёмных потерь обуславливает ранее начало впрыска топлива и быстрое снижение давления в линии нагнетания.

Увеличение давления впрыскиваемого топлива вызывает интенсивное его истечение из сопловых отверстий распылителя, что способствует росту количества впрыскиваемого в цилиндр топлива. Этот процесс носит нестационарный характер, что сказывается на количестве поданного в цилиндр топлива за период задержки воспламенения для топлив, содержащих различное количество МЭРМ.

Изменения в характере процесса сгорания с увеличением количества МЭРМ в смесевом топливе, а также уменьшение теплотворности смеси отразились на мощностных и экономических показателях дизеля. При концентрации МЭРМ до 5 % эти показатели двигателя практически не меняются. Увеличение концентрации МЭРМ в смеси до 10 % не значительно сказывается на снижении мощности и экономичности дизеля – уменьшение среднего индикаторного давления составляет 0,2 %, а рост удельного индикаторного расхода топлива 1,1 %. Дальнейшее увеличение содержания МЭРМ в смесевом топливе приводит к существенным изменениям в мощностных и экономических показателях дизеля. При работе дизеля на «чистом» МЭРМ средний индикаторных расход увеличивается на 12,7 %, а среднее индикаторное давление снижается на 3,3 %.

На рисунках 10 и 11 представлены зависимости изменения удельного индикаторного расхода топлива g_i , среднего индикаторного давления P_i , коэффициента избытка воздуха α , цикловой подачи топлива $g_{ц}$, максимальных давления P_{max} и температуры T_{max} цикла, скорости нарастания давления $\frac{dp}{d\varphi}$ и продолжительности выгорания топлива φ_z в зависимости от концентрации C_{CM} МЭРМ в смесевом топливе.

Рост концентрации метилового эфира в смесевом топливе ведет к снижению среднего индикаторного давления и увеличению расхода топлива. Снижение среднего индикаторного давления и увеличение удельного индикаторного расхода топлива при работе на 10% смеси соответственно составляет 0,2 % и 1,1 %. Относительное ухудшение этих же показателей для 50 % смеси составляет соответственно 1,5 %, 5,7 %.

Увеличение содержания метилового эфира в смеси ведет к росту максимального давления впрыска топлива, снижению периода задержки воспламенения и увеличению максимальной скорости сгорания топлива при росте объёмной скорости истечения топлива в начальной фазе процесса впрыска, что в значительной мере обуславливает рост максимальных зна-

чений давления и температуры цикла. Относительное увеличение максимальных значений температуры и давления при применении 10% смеси метилового эфира и нефтяного топлива соответственно составляет 0,4% и 0,7%, а при работе на 50% смеси эти же показатели увеличиваются соответственно на 3,2% и 7,4%.

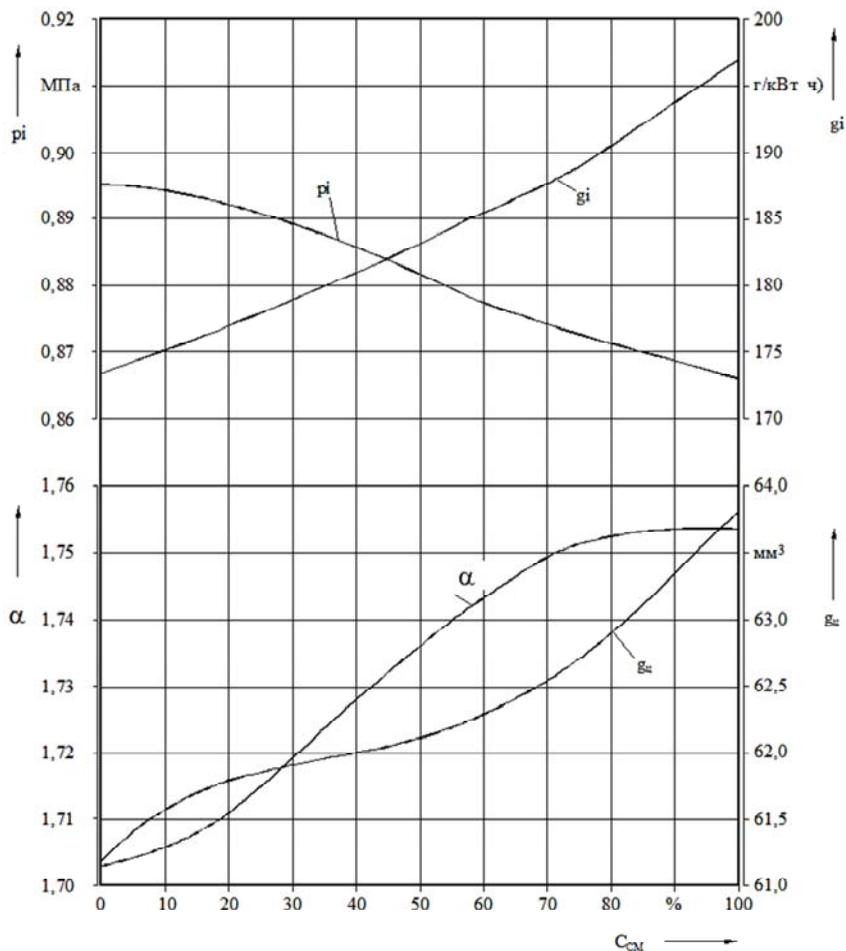


Рисунок 10 – Изменение среднего индикаторного давления, удельного эффективного расхода топлива, коэффициента избытка воздуха и цикловой подачи от концентрации МЭРМ в топливной смеси

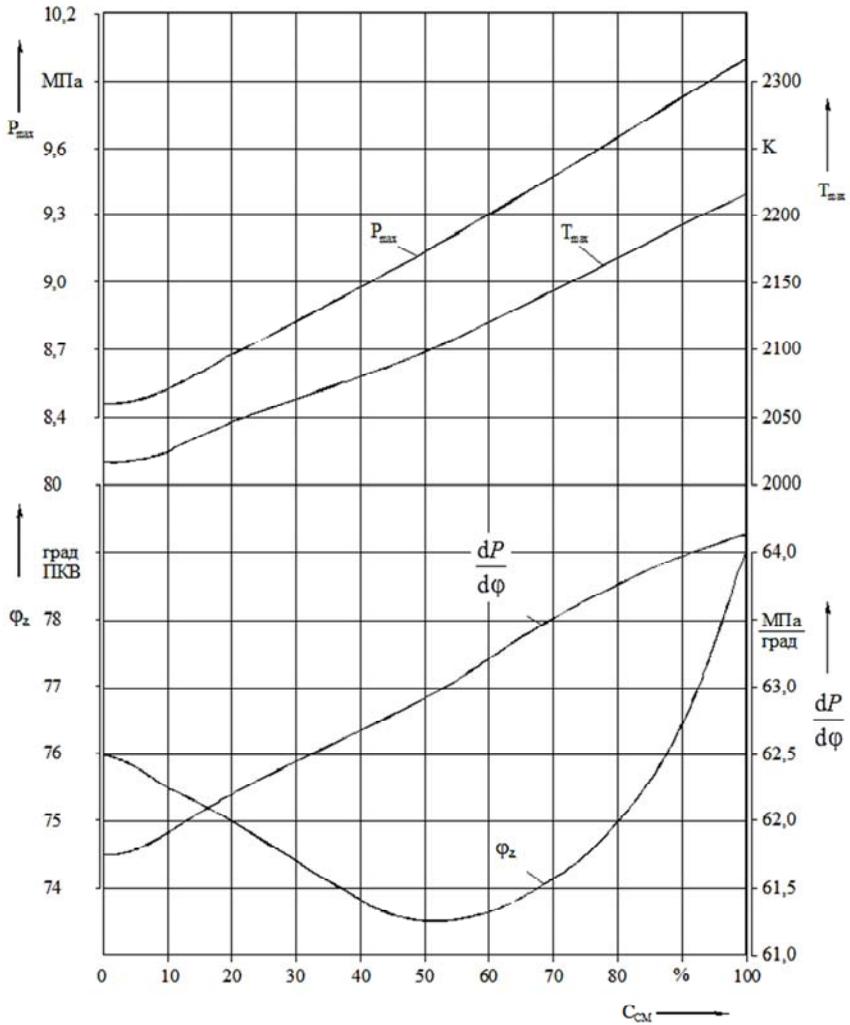


Рисунок 11 – Изменение максимальных температуры и давления цикла, условной продолжительности сгорания и скорости нарастания давления от концентрации МЭРМ в топливной смеси

УДК 656.13

ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ ВРЕМЕНИ РЕАКЦИИ ВОДИТЕЛЯ
В ДОРОЖНЫХ ЗАТОРАХ

TRENDS OF CHANGES REACTION TIME DRIVER
IN A TRAFFIC JAM

Гюлев Н.У., кандидат технических наук, доцент
(Харьковский национальный университет городского хозяйства
имени А. Н. Бекетова)

Gyulev N.U., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
(O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkov, Kharkov)

Аннотация. Показана отрицательная роль транспортных заторов. Обоснована необходимость проведения исследований по оценке времени реакции водителей разных темпераментов. Представлены результаты некоторых исследований оценки изменения времени реакции водителя до и после пребывания в дорожном заторе.

Abstract. The negative role of congestion is shown. The need for research on the evaluation of the reaction time of drivers of different temperaments is substantiated. The results of some studies evaluating the change in reaction time of the driver before and after staying in the traffic jam are presented.

Основной задачей транспортной системы города является своевременная доставка пассажиров и грузов в пункты назначения с соблюдением безопасности дорожного движения. Главная роль при выполнении этой задачи возлагается на водителя, от поведения и качеств которого во многом зависит весь перевозочный процесс.

При выполнении своих задач водитель постоянно сталкивается с препятствиями, которые тормозят и снижают эффективность его деятельности. Одной из важных таких проблем для водителя является транспортный затор, который возникает из-за превышения интенсивности дорожного движения над пропускной способностью улиц и дорог

Заторы и дорожные пробки способствуют росту психоэмоциональной напряженности водителей, которая приводит к временному расстройству их некоторых психофизиологических функций и росту времени реакции [1–3].

В связи с этим определение тенденций изменения времени реакции водителя в дорожных заторах является актуальной задачей.

Результаты некоторых исследований изменения времени реакции водителя приведены в работе [2]. Авторы работ [1, 2] исследовали психофизиологические и медицинские особенности поведения водителей.

В работе [4] исследуется влияние скорости на время реакции водителя. Измерения времени реакции водителей различными методами и в разных ситуациях проведены в работах [5, 6].

В работе [7] приведена регрессионная модель изменения времени реакции водителя в зависимости от изменения его функционального состояния. С помощью данной модели возможно определение времени реакции водителей разных темпераментов. Однако как изменяется время реакции и как оно влияет на безопасность движения в этой работе не приведено.

Авторы работ [8, 9] определяли время реакции молодых и пожилых водителей.

Такі психофізіологічні якості водія, як час його реакції, стаж роботи, темперамент тощо у своїх роботах розглядали й інші дослідники [10–13].

Однако в этих работах не в полной мере рассмотрены вопросы влияния начального состояния водителей на время их реакции в период их пребывания в транспортных заторах.

Реакции бывают простые и сложные. Простая реакция заключается в быстром действии на заранее известный раздражитель. Сложная реакция связана с выбором правильного действия из нескольких альтернативных. Различают скрытый (латентный) и моторный периоды любой реакции. Латентный период – это время от начала появления раздражителя до момента реагирования на него. Моторный период – это время выполнения ответного действия. С точки зрения работы водителя важное значение имеет латентный период сложной реакции. Его длительность зависит от сложности дорожной обстановки, от опыта водителя, его состояния и индивидуально-психологических особенностей. Сложная реакция требует значительно больше времени, чем простая. Время реакции зависит от напряжения внимания водителя. Внезапное появление опасности значительно увеличивает время реакции. Если водитель располагает временем для подготовки к выполняемому маневру, то время реакции принимают равное 0,75 с, а при неожиданном появлении препятствия – 1,5 с [2].

Для проведения исследований по оценке влияния транспортного затора на время реакции были отобраны водители трех темпераментов: холерик, сангвиник и меланхолик. Ранее проведенные исследования показали, что на водителя-флегматика транспортный затор не оказывает отрицательного влияния, напротив, его функциональное состояние даже несколько улучшается. Соответственно, согласно модели определения времени реакции, приведенной в работе [14], время реакции водителя-флегматика в транспортном заторе не увеличивается, и он в дальнейших исследованиях не участвовал.

Результаты исследований некоторых наиболее типичных вариантов приведены на рисунке 1.

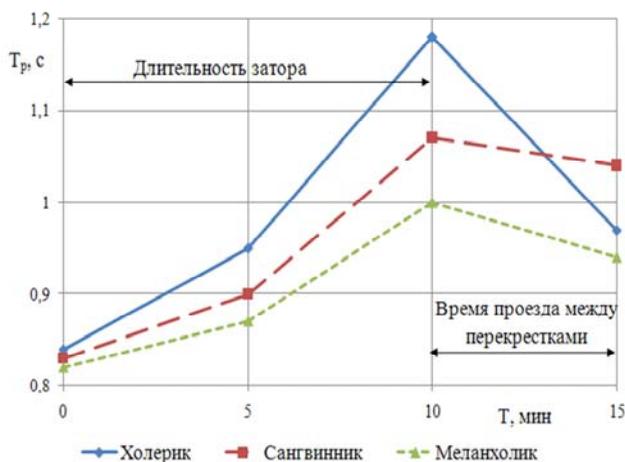


Рисунок 1 – Изменение времени реакции водителей во время пребывания в дорожном заторе и после выхода из него

Как видно из рисунка 1, нахождение в транспортном заторе приводит к наибольшему увеличению значения времени реакции у водителя-холерика: от 0,8 с до 1,18 с. Промежуточное положение по изменению времени реакции занимает водитель-сангвинник, у которого соответствующее значение времени возрастает с 0,8 с до 1,07 с. Наименьшее изменение времени реакции у водителя-меланхолика – с 0,8 с до 1,0 с.

После выезда из транспортного затора время реакции водителя-холерика начинает стабилизироваться значительно быстрее, чем у представителей других темпераментов, понижаясь до 0,97 с. У водителя-сангвинника соответствующее время реакции снижается до 1,04 с, а у меланхолика – до 0,94 с.

Однако, если на рисунке 1 проследить за тенденцией снижения времени реакции водителей всех темпераментов, видно, что при дальнейшей стабилизации времени реакций, у водителя-холерика время реакции будет наименьшей, а у водителя-сангвинника – наибольшей. Соответственно, с точки зрения безопасности движения, первый отрезок пути после выхода из транспортного затора является наиболее опасным по вероятности совершения дорожно-транспортного происшествия. При этом вероятность оказаться в дорожно-транспортном происшествии выше у водителя-холерика. На следующем отрезке пути эта вероятность выше у водителя-сангвинника.

Поэтому при разработке технологии организации дорожного движения необходимо учитывать полученные закономерности.

Литература

1. Вайсман, А.И. Основные проблемы гигиены труда водительского состава автотранспорта: автореф. дис. ... д-ра мед. наук: 03.12.02 / А.И. Вайсман. – М., 1975. – 37 с.
2. Мишурун, В.М. Психофизиологические основы труда водителей автомобилей: учеб. пособие / В.М. Мишурун, А.Н. Романов, Н.А. Игнатов. – М.: МАДИ, 1982. – 254 с.
3. Гюлев, Н.У. Влияние времени простоя автомобиля в дорожном заторе на функциональное состояние водителя / Н.У. Гюлев // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2011. – Т.1/10(49). – С. 50–52.
4. Törnros, J. Effect of driving speed on reaction time during motorway driving // Accident Analysis & Prevention. – 1995. – Vol. 27(4). – P. 435–442.
5. Magister, T. The driver reaction time measurement experiences / T. Magister, R. Krulec, M. Batista, L. Bogdanović // Innovative Automotive Technology–IAT. – 2005. – Vol. 5.
6. Jurecki, R.S. The test methods and the reaction time of drivers. Eksploatacja i Niezawodnosc-Maintenance and Reliability / R.S. Jurecki, T.L. Stanczyk. – 2011. – Vol. 3. – P. 84–91.
7. Гюлев, Н.У. О зависимости времени реакции водителя от изменения его функционального состояния / Н.У. Гюлев, В.К. Доля // Вестник Национального технического университета «ХПИ». – 2012. – № 26. – С. 47–50.
8. Lerner, N.D. Brake perception-reaction times of older and younger drivers. In Proceedings of the human factors and ergonomics society annual meeting / N.D. Lerner // SAGE Publications. – 1993, October. – Vol. 37, No. 2. – P. 206–210.
9. Nishida, Y. Driving characteristics of the elderly: risk compensation of the elderly driver from the viewpoint of reaction behavior / Y. Nishida // JSAE review. – 1999. – Vol. 20(3). – P. 375–380.
10. Системологія на транспорті / Е.В. Гаврилов [та ін.]; під заг. ред. М.Ф. Дмитриченко. – К.: Знання України, 2008. – кн. 5: Ергономіка. – 256 с.
11. Бабков, В.Ф. Неотложные задачи развития научных исследований в области безопасности и организация движения / В.Ф. Бабков. – М.: Тр. МАДИ, 1975. – Вып. 95. – С. 3–14.
12. Туманов, В.В. Обеспечение рациональных режимов труда и отдыха средствами эксплуатационной службы: дис. ... канд. техн. наук / В.В. Туманов. – Харьков: ХАДИ, 1983. – 206 с.
13. Лобанов, Е.М. Проектирование дорог и организация движения с учетом психофизиологии водителя / Е.М. Лобанов. – М.: Транспорт, 1980. – 311 с.
14. Гюлев, Н.У. О зависимости времени реакции водителя от изменения его функционального состояния / Н.У. Гюлев, В.К. Доля // Вестник Национального технического университета «ХПИ». – 2012. – № 26. – С. 47–50.

УДК:338.2

ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГАЗОМОТОРНОГО ТОПЛИВА

FOREIGN EXPERIENCE OF USING GAS ENGINE FUEL

Корко Ю.А.

(Белорусский национальный технический университет)

Корко У.А.,

(Belarusian National Technical University)

Аннотация. *Использование природного газа в качестве моторного топлива активно развивается в более чем 80 странах мира. Стимулы, используемые за рубежом, имеют четкое разделение на организационные, правовые, технические, финансовые. Мировой опыт показывает, что передача транспортировки природного газа является приоритетом условий устойчивого развития энергетики и экологической безопасности. Поэтому необходимо изучение передовой международной практики и выполнение рекомендаций первоочередных мер, направленных на успешное развитие отрасли в белорусском контексте.*

Abstract. *The use of natural gas as a motor fuel is actively developing in more than 80 countries around the world. Incentives are used abroad have a clear division into the organizational, legal, technical and financial. World experience shows that the transfer of natural gas transportation is a priority in terms of sustainable energy development and environmental security. Therefore, it is necessary to study the best international practices and the implementation of the recommendations of priority measures aimed at the successful development of the industry in the Belarusian context.*

Во многих странах мира, в том числе и в Беларуси, резко возросли требования к качеству топлива с точки зрения их экологической безопасности. Исходя из этого, по экономическим, экологическим, ресурсным и технологическим критериям одной из наилучших альтернатив нефтяному топливу может стать природный газ, который по совокупности своих характеристик в долгосрочной перспективе, будет оставаться одним из лучших видов моторного топлива.

Природный газ в качестве моторного топлива используется во всем мире. Запасы газа распределены очень неравномерно. Единого мнения о запасах газа на планете нет, так как для подсчетов применяются различные методики, однако в целом оценки специалистов достаточно близки. Доказанные запасы природного газа в мире составляют около 197,3 трлн. м³. Распределение запасов газа на 2016 год показано на диаграмме на рисунке 1. [1].



Рисунок 1 – Распределение мировых запасов природного газа, %

ГМТ широко используется, прежде всего, в странах, имеющих собственные газовые месторождения и проводящих активную политику в сфере энергетической и экологической безопасности и экономической стабильности. К таким странам-лидерам потребления КПП в транспортном секторе относятся Пакистан, Аргентина, Бразилия, Индия, Китай и США [1].

На данный момент ГМТ используют в 85 странах мира. АГНКС и КриоАЗС уже построены в 2900 населенных пунктах планеты. На стадии строительства находятся почти 1400 газовых заправок. По прогнозам к 2020 году в мире будет существовать уже более 30 тысяч АГНКС [2]. В таблице 1 представлены данные мирового рынка ГМТ на апрель 2015 года. В ней содержатся: количество автомобилей с установленным ГБО по странам, количество АГНКС, а также уровень спроса на ГМТ и количество автомобилей, использующих ГМТ, приходящихся на 1 АГНКС.

Итак, из таблицы 1 видно, что к странам с наибольшим количеством ГБА относятся Иран, Китай, Пакистан, Аргентина, Индия, Бразилия, Италия и Колумбия.

Страны с наиболее развитыми сетями АГНКС – Китай, Пакистан, Иран, Аргентина, Бразилия, США, Италия, Индия, Германия.

А страны с наибольшим спросом на ГМТ – Иран, Аргентина, Индия, Бразилия, Южная Корея, Италия, США и Египет.

В целом рынок ГМТ развит во многих зарубежных странах. Например, сейчас в Европе работают 1,4 миллиона машин на метане. Многие мировые автопроизводители осуществляют серийный выпуск автомобилей, использующих КПП. Такие автопроизводители, как Volkswagen, Audi, Mercedes-Benz, Skoda, Fiat, Seat и др. предлагают в Европе около 25 моделей легковых автомобилей на КПП.

Таблица 1 – Мировой рынок природного газа в качестве моторного топлива на апрель 2015 года

Страна	Парк ГБА	Сеть АГНКС	Спрос, млн м ³ в год	ГБА на 1 АГНКС
Австралия	3 110	52	–	60
Австрия	8 332	180	38,4	46
Аргентина	2487 349	1 939	2877,6	1283
Армения	244 000	345	318,36	707
Белоруссия	4 600	42	12,36	110
Боливия	300 000	178	315,34	1685
Бразилия	1781 102	1 805	1 734,36	987
Великобритания	663	22	36	30
Венгрия	5 118	19	3,6	269
Венесуэла	90 000	166	97,8	542
Германия	98 172	921	216	107
Греция	1 000	7	15,96	143
Египет	207 617	181	685,32	1147
Индия	1800 000	936	1958,52	1923
Иран	4068 632	2 268	8 760	1794
Италия	885 300	1 060	960	835
Китай	3994 350	6 502	–	614
Колумбия	500 000	800	540	625
Малайзия	55 999	184	177,6	304
Нидерланды	7 573	147	29,9	52
Пакистан	3700 000	2 997	–	1235
Перу	183 786	237	222,72	775
Россия	111 050	271	436,3	410
США	152 300	1 615	930,24	94
Таджикистан	10 600	53	49,56	200
Украина	170 000	325	624	523
Франция	13 550	311	72	44
Чешская Республика	8 817	101	162	87
Швейцария	11 640	167	19,32	70
Швеция	46 715	213	144	219
Южная Корея	40 532	201	1 116,0	202
Япония	42 590	314	–	136
Другие страны	1 377209	2 155	1 800	639
Итого	22 411	26 714	24 353,02	839

Fiat, Iveco, Opel и Volkswagen производят около 15 моделей легких коммерческих грузовиков на КПП. Mercedes-Benz, Iveco, Scania предлагают 10 моделей тяжелых грузовиков на КПП и СПГ в Европе.

A Iveco, Man, Scania, Solaris, Solbus производят около 10 моделей городских автобусов на КПП и СПГ [2]. На диаграмме на рисунке 2 представлена динамика количества автомобилей на КПП и СПГ в мире [3].

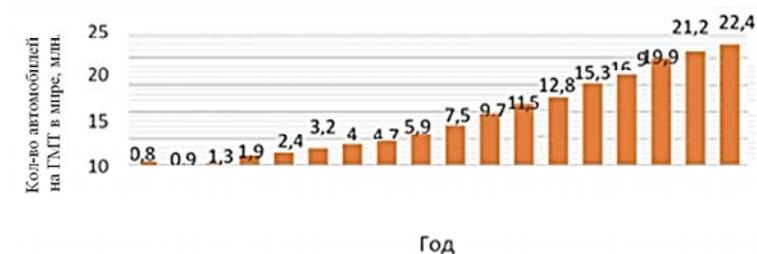


Рисунок 2 – Динамика количества автомобилей на КПП и СПГ в мире

Как видно из диаграммы на рисунке 2.8, количество автомобилей на ГМП в мире постоянно увеличивается, начиная еще с 1998 года. В последние несколько лет темп роста составляет 5-6 % в год.

Согласно прогнозам, рост мирового парка газобаллонного автотранспорта продолжится, и составит к 2020 году около 50 млн единиц, а к 2030 году – более 100 млн единиц. Такое значительное увеличение количества автотранспорта на природном газе объясняется достаточной развитостью газозаправочной инфраструктуры, как в странах Европы, так и во многих других зарубежных странах. Например, в Европе построено более 4 200 заправок. Инфраструктура газозаправочных станций уже существует и развивается дальше в таких странах, как Германия, Швеция, Швейцария, Австрия, Италия.

Широкая сеть автозаправочных станций создана также на юго-западе США: в штатах Калифорния, Аризона, Колорадо, Техас, Пенсильвания и других. В отличие от России, где пока что развивается только сегмент КПП, во многих зарубежных странах параллельно с использованием КПП расширяется применение в автотранспорте и СПГ, особенно это показательно для США. Сжиженный газ как моторное топливо также применяется в Бельгии, Финляндии, Германии, Нидерландах, Норвегии, Франции, Испании, Великобритании и других странах Европы.

Китай также применяет СПГ в качестве топлива. Он входит в число лидеров рынка ГМП. Одной из причин развития этой отрасли в Китае можно назвать неблагоприятную экологическую обстановку. За счет внедрения более чистого топлива – природного газа, правительство страны пытается снизить нагрузку на окружающую среду [4].

Стоит отметить, что экологическое лоббирование является одной из главных движущих сил зарубежного рынка ГМП. Так, Индия является еще одной страной, где развитие рынка в большей степени обусловлено экологическими причинами. Программа по продвижению КПП была начата там в конце 1990-х годов по инициативе Верховного Суда Индии под эгидой борьбы за экологию.

Серьезным фактором развития рынка в США также является экологическое лоббирование со стороны Агентства по защите окружающей среды при правительстве США. Страна активно продвигает использование природного газа для автотранспорта в качестве альтернативы нефтяным топливам как на федеральном уровне, так и на региональном. Помимо федеральных законов, дающих налоговые льготы на использование автотранспорта на природном газе, отдельные штаты лоббируют свои собственные законопроекты, увеличивающие размеры выплат для юридических и физических лиц. Правительство предоставляет налоговые льготы, а кроме того, власти штатов оплачивают переоборудование транспорта на природный газ в качестве топлива. В Германии перевод автомобилей на природный газ рассматривается как одно из приоритетных направлений обеспечения устойчивого энергетического развития и экологической безопасности страны. Государство предоставляет в этой сфере льготы как автовладельцам, так и участникам бизнеса [5].

Главной движущей силой развития газомоторного рынка, помимо охраны окружающей среды, является также разница в цене на нефтяные и газовые виды моторного топлива. Средняя цена КПП в европейских странах составляет €0,81 за нормальный кубический метр или €1,13 за килограмм. В среднем метан примерно на 40 % дешевле бензина и дизельного топлива и на 12 % дешевле сжиженного углеводородного газа. Цена КПП колеблется и относительно дизельного топлива может составлять от 56% в Италии до 22 % в Швейцарии. Цена на КПП в среднем по Америке на US\$ 1,40 ниже цены эквивалентного галлона дизельного топлива [6]. Таким образом, метан сохраняет своё ценовое преимущество, даже не смотря на наблюдаемое падение цен на нефть.

Успешное развитие рынка ГМТ во многих зарубежных странах происходит именно благодаря активной поддержке государства, которое принимает различные меры по стимулированию развития сетей АГНКС, увеличению количества используемого автотранспорта на ГМТ, и, соответственно, самого потребления ГМТ.

Рассмотрим различные меры развития рынка ГМТ в зарубежных странах. В таблице 2 приведены меры стимулирования развития сетей АГНКС в разных странах.

Таким образом, государственный маркетинг ГМТ во многих странах предполагает различные финансовые и организационные меры по развитию сетей АГНКС.

Кроме того, многие зарубежные страны используют и меры стимулирования перевода автотранспорта на газомоторное топливо. Они приведены в таблице 3.

Таблица 2 – Меры стимулирования развития сетей АГНКС

Страна	Меры стимулирования развития сетей АГНКС
Иран и страны Евросоюза	Освобождение импортного газозаправочного и газоиспользующего оборудования для природного газа от ввозных таможенных пошлин
Италия	Ограничение на строительство АЗС без блока заправки машин КПП
Австралия, Великобритания, Канада, Малайзия, Япония	Выделение грантов и дотаций на строительство АГНКС
Япония	Освобождение на определенный период от уплаты налога на землю при строительстве АГНКС. Снижение налога на имущество при строительстве АГНКС
США	Сокращение базы для исчисления налога на имущество на определенный процент от стоимости АГНКС и газобаллонных автомобилей на компримированном природном газе

Таблица 3 – Меры стимулирования перевода автотранспорта на ГМТ

Страна	Меры стимулирования перевода автотранспорта на ГМТ
<i>1</i>	<i>2</i>
Австралия, Великобритания, Канада, Малайзия, Япония	Выделение грантов и дотаций на приобретение автомобилей, работающих на природном газе и газобаллонного оборудования
Великобритания, Италия, Чили, Китай	Нераспространение на автомобили, работающие на газе, запрета на въезд в природоохранные зоны
Бангладеш	Не распространение на автомобили, работающие на КПП, ограничения максимального возраста автомобиля
Франция	Ограничения на использование углеводородных видов моторного топлива, за исключением КПП, на муниципальных автобусах и мусороуборочных автомобилях
Франция, Италия, Иран	Предоставление предприятиям, использующим компримированный природный газ, преимущественного права на получение муниципального заказа
Хорватия	Освобождение газобаллонных автомобилей от обязательного ежегодного экологического тестирования
Бразилия, Египет, Корея, Пакистан	Ограничение использования дизельного топлива на автомобилях малой и средней грузоподъемности / пассажироместности

Окончание таблицы 3

1	2
США	Обязательное приобретение бюджетными организациями газобаллонных автомобилей при обновлении автотранспортного парка. Налоговая льгота в размере 50 % на новый автомобиль, работающий только на альтернативном топливе
Чехия	Действует нулевой налог для автотранспорта, работающего на метане. До 2013 года государство выделяло субсидии на закупку автобусов на природном газе
Малайзия	Ограничение предельной розничной цены на КПП

Таким образом, мировой опыт стимулирования использования природного газа в качестве топлива достаточно многообразен. А рост рынка ГМТ показывает его эффективность. Развитие рынка ГМТ в зарубежных странах продолжается. Например, в Европе в 2014 году были разработаны программы, предусматривающие дальнейшее развитие газозаправочной инфраструктуры – строительство вдоль трансъевропейских транспортных магистралей АГНКС (с шагом 150 километров) и криоАЗС (с шагом 400 километров). Еще одним важным этапом формирования глобального газового рынка стало учреждение в 2008 году Форума стран-экспортеров газа. В настоящее время в Форуме на постоянной основе участвуют Алжир, Боливия, Бруней, Венесуэла, Египет, Индонезия, Иран, Катар, Ливия, Малайзия, Нигерия, ОАЭ, Оман, Россия, Тринидад и Тобаго, Экваториальная Гвинея. Норвегия и Казахстан имеют временный статус наблюдателя [7]. Таким образом, анализ зарубежного опыта развития рынка ГМТ показал, что рынок ГМТ достаточно успешно развивается во многих зарубежных странах. Многие из них применяют не только КПП, но и СПГ в качестве топлива. Тем не менее рынок ГМТ еще относительно новый, и маркетинговая деятельность на рынке еще не развита. Компании-производители не осуществляют каких-либо особых маркетинговых мероприятий по стимулированию спроса. Во всем мире рынок ГМТ развивается под сильным влиянием государства, которое и стимулирует перевод транспорта на газ и строительство газозаправочной инфраструктуры с помощью различных финансовых и других мер. Такие меры стимулирования рынка и являются решающими в его развитии, так как на примере России видно, что отсутствие стимулирования со стороны государства приводит к медленному развитию рынка.

Литература

1. Крылов, А. Газовое моторное топливо является единственной полноценной альтернативой бензину / А. Крылов // ЗАО «Редакция газеты «Мос-

ковский Комсомолец» Электронное периодическое издание «МК.ру». – 2013. – Режим доступа: <http://www.mk.ru/>.

2. Использование природного газа в качестве моторного топлива // ООО «Газпром экспорт». – Режим доступа: <http://www.gazpromexport.ru/>.

3. Развитие глобального рынка ГМТ // Природный газ на транспорте. Режим доступа: www.gazpronin.ru/.

4. Фролов, А. Третье пришествие. Газомоторное топливо вернулось все-речь и надолго / А. Фролов // Корпоративный журнал «Газпром». – 2013. – № 9. – с. 6–9.

5. Альков, И. Различия в стимулах и целях активного внедрения газомоторного топлива в разных странах мира / И. Альков, М. Михеев // Oil&Gas Journal Russia/. – 2014 – № 3. – Режим доступа: <http://ogirussia.com/>.

6. Перспективы метана на транспорте // Природный газ на транспорте. – Режим доступа: www.gazpronin.ru/.

7. Узбестер, Ф. Основы промышленного маркетинга / Ф. Узбестер. – М.: Издательский Дом Гребенникова, 2005. – 416 с.

УДК 656.025.4

**К ВОПРОСУ О ФОРМИРОВАНИИ МЕТОДА ВЫБОРА
ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ОПТИМАЛЬНОЙ
ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ**

**FORMING OF THE METHOD OF SELECTING VEHICLE OPTIMUM
LOAD CAPACITY**

Куш Е.И., кандидат технических наук, доцент;

Галкин А.С., кандидат технических наук

(Харьковский национальный университет городского хозяйства
имени А. Н. Бекетова)

Kush Y.I., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

Galkin A. S., Candidate of Technical Sciences

(O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkov)

Аннотация. *Проведено моделирование развозочных маршрутах при различных параметрах технологического процесса перевозки грузов. Определены параметры схем развозки в зависимости от грузоподъемности транспортных средств и объема поставки. Определена оптимальная грузоподъемность автомобиля на основании общих транспортных затрат. Формализована зависимость оптимальной грузоподъемности транспортного средства от объема завоза в пункт сбыта.*

Abstract. *Modeling of the transportation routes was carried out at various parameters of the technological process of cargo transportation. The parameters of transportation schemes are determined depending on the carrying capacity of vehicles and the volume of delivery. The optimum load-carrying capacity of the car is determined on the basis of the total transportation costs. The dependence of the optimal carrying capacity of the vehicle on the volume of delivery to the point of sale is formalized.*

Вопрос эффективности использования транспортных средств важен для автотранспортных предприятий на различных этапах планирования работы [1]. Особого внимания заслуживают решения проблемы минимизации финансовых и временных затрат на перевозку при доставке грузов в городах. Существуют различные методы снижения данного вида расходов: выбор оптимального подвижного состава, организация движения кратчайшим путем, разработка развозных маршрутов, кооперация перевозчиков [2–4].

Одним из подходов повышения эффективности перевозочного процесса является выбор оптимального по грузоподъемности транспортного средства для работы на маршрутах. Данной проблемой занимались многие зарубежные и отечественные ученые [5–7].

Определение грузоподъемности автомобилей является сложной задачей и зависит от большого количества факторов. Учеными отмечается, что оптимальная грузоподъемность транспортных средств в большинстве случаев зависит от характеристик грузопотоков.

Другие ученые отмечают, что к основным факторам, которые влияют на выбор подвижного состава являются [8–12]:

- вид и характер груза;
- размер партии груза;
- способ осуществления погрузочно-разгрузочных работ;
- дорожно-климатические условия и состояние подъездов к погрузочным и разгрузочным пунктам;
- скорость доставки грузов.

Согласно [5] при выборе подвижного состава исходят из необходимости обеспечения минимума затрат, прямо или косвенно связанных с доставкой грузов. К ним относят:

- себестоимость перевозки, расходы на погрузочно-разгрузочные работы, транспортно-экспедиционные операции и дорожную составляющую;
- возможные количественные и качественные потери грузов в процессе доставки;
- размер материальных средств, находящихся в обороте, и расходы, связанные с хранением грузов;

– затраты на вспомогательные средства, обеспечивающие транспортный процесс (контейнеры, поддоны и др.);

– капиталовложения в подвижной состав, погрузочно-разгрузочные средства, складское хозяйство и тому подобное.

Кроме того, обеспечение безопасности движения с минимальными затратами и является критерием оптимальности грузоподъемности автомобилей [5, 8].

Задача определения эффективности работы транспорта и выбора оптимальных транспортных средств для обслуживания сети получателей груза на данный момент, требует усовершенствования. Это объясняется необходимостью комплексно учитывать перечень факторов, характеризующих транспортную сеть, груз, транспортные средства, грузоотправителя и грузополучателей при определении оптимальной грузоподъемности. При этом определение данного параметра является актуальной задачей, из-за его влияния на эффективность процесса перевозки.

Определение оптимальной грузоподъемности транспортных средств для работы на развозочных маршрутах является важной научной задачей, верное решения которой будет определять эффективность транспортного процесса. Оптимальная грузоподъемность зависит от большого количества параметров, характеризующих транспортный процесс: параметры груза, маршрута, параметры транспортной сети, условия перевозки.

определяющим выбор грузоподъемности подвижного состава, является партионность перевозок. При организации перевозок необходимо стремиться, чтобы грузоподъемность автомобиля равна или была больше размера перевозимой партии груза [5].

В предложенных учеными подходах к определению оптимальной грузоподъемности транспортных средств недостаточно полно учитываются экономические показатели деятельности участников развозного процесса, которые зависят от технологических параметров перевозочного и складского процессов. Поэтому целесообразным будет formalизовать математическое выражение, которое бы позволило определить оптимальный транспортное средство с учетом параметров транспортного и складского процессов.

Выбор грузоподъемности транспортных средств для работы на развозных маршрутах предложено выполнять на основании общих транспортных расходов. Для этого проведено моделирование процесса развозки тарноштучных грузов пунктами сбыта при различных объемах перевозки. Формирование развозных маршрутов было проведено при следующих условиях. Есть логистическая цепь продвижения товаров пунктами сбыта в Харькове, отправка грузов осуществляется с центрального склада по магазинам розничной сети (складам), общей количеством 70 единиц. При этом узлы

топологической карты района развозки общим количеством 1376 единиц, местонахождение каждого из пунктов сбыта и пункта отправления описаны GPS координатами. Каждая дуга транспортной сети описана такими параметрами, как длина, схема организации дорожного движения, скорость транспортного потока по направлениям движения в зависимости от времени суток. В центральном складе сосредоточено бесконечный объем транспортно-однородного груза, время работы отправителя не ограничен, задержек загрузки не существует, время погрузки определяется исходя из величины загрузки автомобиля. При этом есть система ограничений: время работы транспортных средств на маршрутах не превышает 10 ч, объем поставки в пункт сбыта не должен превышать грузоподъемности автомобиля, количество пунктов завоза груза на маршрутов должно быть больше одного, грузоподъемность автомобиля не превышает 15 т, все пункты сбыта должны быть обслужены в течение времени работы транспорта, удовлетворение потребности потребителя в грузе осуществляется за одну поставку, каждая схема доставки выполняется однотипными транспортными средствами. Общие расходы рассчитывались на основании переменных и постоянных затрат.

В результате были получены различные схемы развозки тарноштучных грузов по пунктам сбыта в зависимости от грузоподъемности транспортных средств. Далее были определены зависимости изменения общих затрат, в зависимости от грузоподъемности транспортного средства и объема завоза, каждая из которых имеет оптимум, который имеет соответствующие параметры технологического процесса перевозки грузов развозочными маршрутами (таблица 1).

На основании полученных результатов моделирования развозных маршрутов и определения оптимальной грузоподъемности транспортных средств для каждой из схем доставки грузов было получено зависимость, приведенная на рисунке 1

Математически описать зависимость оптимальной грузоподъемности транспортного средства от объема завоза в пункт сбыта можно такой регрессионной модели:

$$q_{н\text{ опт}} = \sqrt{92,78 + 68,05 \cdot \ln(Q_j)}, \quad (5)$$

где Q_j – объем завоза в j -й пункт сбыта, т.

Результаты статистической оценки указывают, что полученная модель имеет достаточно высокую информационную состоятельность. О чем свидетельствует расчетное значение показателя Фишера 207,71. Степень корреляции равен 0,954. Средняя ошибка аппроксимации составляет 7,62 %.

Полученная закономерности свидетельствует, что увеличение оптимальной грузоподъемности транспортного средства с увеличением объема поставки происходит нелинейной зависимостью.

Таблица 1 – Оптимальное значение грузоподъемности транспортных средств для различных схем доставки тарно-штучных грузов пунктами сбыта

Грузоподъемность транспортного средства, т	Объем завоза в пункт сбыта, т	Общий объем перевозок, т	Количество транспортных средств, ед.	Количество маршрутов, ед.	Время работы в схеме развозки, год	Общий пробег в схеме развозки, км	Общие транспортные затраты, евро/т
13,3	4	160	13	14	124,38	177,346	65,47
12,7	2	80	7	7	64,63	118,371	42,07
10	1,33	53,2	5	6	45,88	108,416	35,53
10	1	40	4	4	36,48	92,65	30,19
9,25	0,8	32	4	4	30,75	90,545	27,93
8,2	0,66	26,4	3	4	26,72	86,107	26,33
6	0,57	22,8	3	4	24,1	92,77	26,78
6	0,5	20	3	4	22,57	86,047	25,74
6,65	0,44	17,6	2	3	11,4	85,846	24,34
5	0,4	16	2	4	19,62	86,088	23,4
5	0,36	14,4	2	4	18,67	91,663	22,96
5	0,33	13,2	2	4	18,67	91,663	23,03

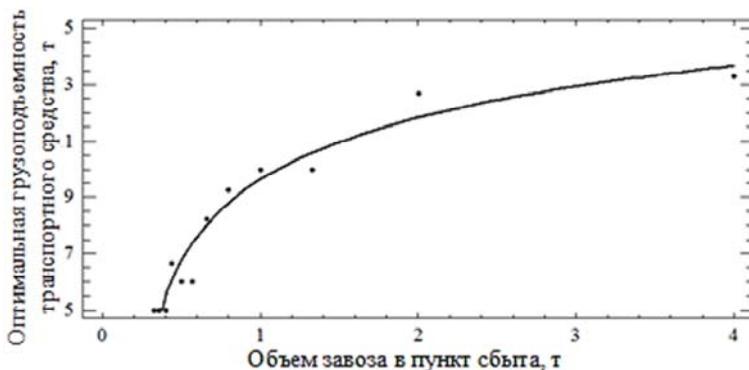


Рисунок 1 – Зависимость оптимальной грузоподъемности транспортного средства от объема завоза в пункт сбыта

Оптимальная грузоподъемность транспортных средств для развозки тарно-штучных грузов пунктами сбыта зависит от параметров транспортной сети, грузов, автомобилей и спроса на грузы. Увеличение объема заво- за пунктам розничной сети приводит к увеличению оптимальной грузо- подъемности, однако при выборе данного параметра недостаточно руко- водствоваться только транспортными затратами, так как они не отражают результаты деятельности логистической системы в целом. Поэтому на сле- дующем этапе исследования планируется обоснования параметров обслу- живания розничной сети исходя из характера функционирования всех ее участников.

Литература

1. Майборода, М.Е. Грузовые автомобильные перевозки : учебное по- собие / М.Е. Майборода, В.В. Бернадский. – Изд. 2-е. – Ростов н/Д: Фе- никс, 2008. – 442 с.
2. Ergun, Ö. Shipper collaboration / Ö. Ergun, G. Kuyzu, M.W.P. Savels- bergh // *Computers & Operations Research*. – 2007. – Vol. 34. – P. 1551–1560.
3. Krajewska M.A. Horizontal cooperation among freight carriers: request allocation and profit sharing / M.A. Krajewska, H. Kopfer, G. Laporte, S. Ropke, G. Zaccour // *Journal of the Operational Research Society*. – 2008. – Vol. 59. – P. 1483–1491.
4. Shchegryaev A. Multi-period cooperative vehicle routing games / A. Shche- gryaev, V. Zakharov // *Contributions to Game Theory and Management*. – Vol. 7 (2014). – P. 349–359.
5. Воркут, А.И. Грузовые автомобильные перевозки / А.И. Воркут. – К.: Вища школа, 1986. – 447 с.
6. Афанасьев, Л.Л. Автомобильные перевозки / Л.Л. Афанасьев, С.М. Цу- керберг. – М.: Транспорт, 1973. – 320 с.
7. Горев, А.Э. Грузовые автомобильные перевозки: учеб. пособие для студ. высш. учеб. Заведений / А.Э. Горев. – 5 изд., испр. – М. : Изда- тельский центр «Академия», 2008. – 288 с.
8. Вельможин, А.В. Грузовые автомобильные перевозки: учебник для вузов / А.В. Вельможин, В.А. Гудков, Л.Б. Миротин, А.В. Куликов. – Мос- ква: Горячая линия – Телеком, 2006. – 560 с.
9. Майборода, М.Е. Грузовые автомобильные перевозки: учебное посо- бие / М.Е. Майборода, В.В. Бернадский. – Изд. 2-е Ростов н/Д: Феникс, 2008. – 442 с.
10. Миротин, Л.Б. Логистика. Управление в грузовых транспортно- логистических системах / Л.Б. Миротин. – М.: Юристъ, 2002. – 414 с.

11. Ходош, М.С. Грузовые автомобильные перевозки: учебник для автотрансп. техникумов / М. С. Ходош. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1986. – 208 с.

12. Горев, А.Э. Грузовые автомобильные перевозки: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / А.Э. Горев – 5 изд., испр. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 288 с.

УДК 339.138

**РАЗВИТИЕ МАРКЕТИНГА И ЕГО ОСОБЕННОСТИ
В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**
**THE DEVELOPMENT OF MARKETING AND ITS FEATURES
IN THE CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF BELARUS**

Липницкий Л.А., кандидат технических наук;

Пильгун Т.В., кандидат технических наук, доцент
(Белорусский национальный технический университет);

Ковалев В.А., кандидат технических наук, доцент
(Белорусский государственный аграрный технический университет)

Lipnitski Leanid, Candidate of Technical Sciences;

Pilgun Tatyana, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
(Belarusian National Technical University)

Kovalev Vasiliy, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
(Belarusian State Agrarian Technical University)

Аннотация. *Современные отношения производителя и потребителя предполагают усиление интереса к маркетингу. История развития маркетинга насчитывает несколько этапов, включающих производственный, сбытовой, потребительский и социально-этический маркетинг. На протяжении многих лет в СССР для изучения рынка и выстраивания отношений с потребителем маркетинг не использовался. Административно-командная система и централизованное планирование приводили к усилению несбалансированности экономики. Ситуация в Беларуси изменилась в 1990 гг., появились маркетинговые службы и начали осуществляться маркетинговые исследования. Коммерческие предприятия имеют возможности по проведению маркетинговой стратегии. Однако на многих государственных предприятиях отсутствует возможность самостоятельного принятия решений. Руководители таких предприятий не занимаются маркетингом или используют принципы промышленного или сбытового маркетинга. На других предприятиях используют лишь отдельные элементы маркетинга и не занимаются изучением рынка. Некоторые*

предприятия начинают использовать принципы потребительской концепции маркетинга. Небольшая часть современных предприятий переориентирована на принципы маркетинга как концепцию управления рынком. Менее половины предприятий консультируются по вопросам маркетинга, а большинство их не придают значения маркетинговым исследованиям. Рыночному подходу в экономике также мешают ряд экономических факторов. Для развития маркетингового подхода в Беларуси необходимо принятия ряда мер, направленных на усиление роли маркетинга в деятельности предприятий.

Abstract. *Modern relations between manufacturer and consumer suppose gain of interest for marketing. The history of marketing development accounts a few stages including producing, saling, consumer and socially-ethical marketing. During many years in the USSR for studying market and forming relationship with consumer, marketing wasn't used. Administrative command system and centralized planning lead to enhance of imbalance in economy. Situation in Belarus changed in 90's, marketing services has appeared and marketing research had been implemented. Commercial Enterprises have opportunities for conduct marketing strategy. However a lot of state enterprises haven't opportunity for marketing decisions on their own. Supervisors of such enterprises don't practice marketing or use principals of industrial or saling marketing. Other enterprises apply particular marketing elements and don't learn market. Some enterprises begin to use the principals of consumer marketing conception. Little part of modern enterprises reoriented to marketing principals as the conception of market management. Less than a half of enterprises consult on marketing issues but most of them don't attach importance to marketing research. A number of Economic factors also prevent to market approach in economy. For development of marketing approach in Belarus it is necessary making a number of measures direct to enhancing role of marketing in enterprises activity.*

Современные экономические отношения предполагают усиление интереса к маркетингу, как системы, направленной на достижение необходимого уровня знаний и целостного всестороннего понимания ситуации на рынке, которые позволят спрогнозировать и достичь рыночного потенциала реализации продукции.

На сегодня маркетинг охватывает все виды деятельности, которые прямо или косвенно связаны с процессом обмена. Одной из важнейших целей маркетинговых мероприятий является удовлетворение потребностей потребителя, а через это и достижение необходимого уровня прибыли производителем.

Для лучшего понимания маркетинга попытаемся рассмотреть историю его возникновения и основные этапы. Существует множество теорий о

том, где впервые возник маркетинг. Считается, что в самостоятельную концепцию и науку маркетинг выделился в 18-19 вв., в расцвет промышленной эволюции, значимых социальных изменений, развития массового производства, транспортной инфраструктуры и появления первых массовых средств коммуникации.

Эволюция маркетинга начинается с концепции производственного маркетинга [1]. Эта самая старая маркетинговая концепция, которая до сих пор сохраняет свою эффективность для рынков с низким уровнем конкуренции, когда спрос намного превышает предложение. В этой ситуации любой производитель может продать свой товар. Важную роль играет количество товара, а не его качество. Другой особенностью данной концепции является монопольный рынок. В определенный момент монополия конкретного товара становится тормозом развития своего рынка, препятствуя падению покупательского спроса. В результате, как правило, начинается совершенствование производства, но сохраняется узкий товарный ассортимент.

Следующим этапом развития явилась ориентация на сбыт. Предполагается, что потребитель самостоятельно не будет проявлять интерес к производимой продукции. Поэтому главной идеей этой концепции являлось необходимость приложения значительных усилий по сбыту, чтобы товар пользовался спросом. Производители стали применять различные методы реализации своей продукции – от агрессивных (принуждения к разовой покупке) до ориентации потребителя на долговременные покупки. Задачей производителя было произвести как можно больше товара и продать его любой ценой, снижая товарные остатки. Такая маркетинговая концепция не учитывает долгосрочный аспект развития компании, так как зачастую приводит к намеренному обману клиента и вызывает отказ от повторной покупки. Суть сбытовой теории маркетинга заключается в следующем утверждении: потребитель выберет тот товар, который продадут ему лучше всего.

Бесперспективность предыдущего этапа, а также увеличение конкуренции между производителями привело к появлению потребительской концепции, получившей еще название концепции маркетинга. Она основана на желании понять предпочтения потребителей. Данная модель маркетинга до сих пор используется многими современными компаниями и заключается в следующем: потребитель выберет товар, который наилучшим образом решает его потребности в продукте. Приведенное утверждение означает, что любая компания может обеспечить себе долгосрочный успех на рынке, если сможет понять ключевые потребности клиентов и удовлетворить эти потребности лучше всех.

Впоследствии последняя концепция привела к возникновению социально-этического маркетинга, получившая распространение в 21 веке. Данный подход предусматривает, что в маркетинге важно все и для успеха

необходим интегрированный и сбалансированный подход ко всем сторонам, связанным с производством, сбытом и использованием товаров и услуг. При этом потребитель выберет товар, который наилучшим образом решает его потребности и одновременно улучшает благосостояние всего общества, а успех будет достигнут производителем, который также осознает важность тесного сотрудничества со всеми посредниками, участвующими в создании и продаже ее товара.

Рассмотрев изложенные концепции, можно сказать, что первая из них характерна для начального этапа развития рыночных отношений в Беларуси, а также для тех предприятий, которые занимают монопольное положение в отдельных сегментах рынка. Это в первую очередь предприятия энергетического комплекса, отдельные предприятия машиностроительной, перерабатывающей и других отраслей народного хозяйства.

Ко второй группе относятся предприятия, сумевшие в условия рыночных преобразований преодолеть дефицит на рынке. Это в основном товары были первой необходимости (продукты питания, одежда, обувь, строительные материалы и т.д.).

Третья и четвертая группа представлена производителями и продавцами высокотехнологичной продукции или продукции ограниченного спроса, которая в силу высокого уровня цен востребована ограниченным кругом потребителей. Именно для этих субъектов рынка должен быть характерен маркетинговый подход к потребителю, отличающийся от ранее существовавшего в нашей стране.

В нашей стране на протяжении многих лет разговоры о маркетинге носили условный характер. Административно-командная система, централизованное планирование, полное огосударствление экономики, отсутствие самонастраивающихся механизмов, нацеленных на спрос, – все это в комплексе приводило к усилению несбалансированности народного хозяйства и разработке несоординированных планов.

В результате наблюдался хронический дефицит разнообразных товаров и услуг. В 1987–1991 гг. дефицит проявил себя в новой форме. Предприятия стали ориентироваться на более дорогие виды продукции, что усилило разрыв между спросом и предложением. В условиях монопольного рынка покупательский спрос отодвигается на задний план, а покупатель рассматривается как усредненная единица со среднестатистическим потреблением [2].

Дефицит лишает покупателя возможности сравнивать, выбирать, включая тем самым важный механизм обратной связи с производителем продукции. Если же потребитель не влияет на предложение товара, на цены, то потенциал гибкости, оперативности в рыночных отношениях не реализуется. Таким образом, в условиях монопольного дефицитного рынка не может быть и речи об основном действующем лице в маркетинге – потребителе.

В СССР, по существу, не было необходимости в маркетинге, поскольку в условиях директивной плановой экономики декларировался постулат сбалансированности производства и потребления. Проводимые в то время исследования покупательского спроса, по сути дела, не могли обладать какой-либо степенью объективности, поскольку на потребительском рынке господствовал постоянный в условиях советской системы дефицит.

Ситуация в нашей стране стала меняться лишь в 1990 г., когда цены были отпущены и пошел процесс частичной приватизации. Именно в этот период началось постепенное снижение дефицита товаров производственного и индивидуального потребления. Изменилась ситуация и во внешней торговле после ее либерализации и ликвидации монополии государства. Таким образом, с переходом на рыночные отношения в Беларуси кардинально изменились условия для маркетинга, появились объективные предпосылки для интенсивного развития маркетинговой деятельности.

За истекший после начала рыночных преобразований период сделано немало. На предприятиях появились маркетинговые службы, осуществляющие в той или иной степени комплекс маркетинговых исследований. Функционируют специализированные маркетинговые фирмы, изучающие отдельные рынки товаров и услуг. Высшие учебные заведения начали подготовку специалистов в области маркетинга.

Однако и в настоящее время ситуация с маркетингом в Беларуси далеко не однозначна. Так, на государственных предприятиях практически отсутствует возможность самостоятельного принятия решений по всему комплексу маркетинга: объему и ассортименту производства, цене, каналам снабжения и сбыта. Деятельность в этой области определяется решениями вышестоящих ведомств.

Гораздо большие возможности по использованию маркетинговой стратегии имеют коммерческие предприятия. В условиях возрастающей конкуренции финансовый успех таких предприятий во все большей степени определяется умелым использованием приемов маркетинговой деятельности.

Главным сейчас для белорусских предприятий и компаний является их способность дать потребителю товар или услугу более высокого качества или обладающий какими-то новыми свойствами, причем за умеренную цену. Во все большей степени начинает работать основное требование современного рынка – выпуск необходимой потребителю продукции. Естественно, возможности и состояние маркетинга белорусских предприятий не используются в достаточной мере.

Многие из них, по сути, не занимается маркетингом, а порой и не представляет, что это такое. Руководители таких предприятий опираются на принципы, характерные для промышленной или сбытовой концепций маркетинга. Они пытаются продать продукцию, полагая, что ее наличие у пред-

приятия уже есть гарантия повышенного интереса к этой продукции со стороны покупателей. Однако один из основных принципов современного маркетинга, производитель сам ищет покупателя. Найти покупателя – одна из самых ответственных операций для любого производителя, путем определения целевого рынка своей продукции, определения конкурентоспособной цены, создание благоприятных условий для продажи и последующего сервисного обслуживания, доведения информации до потребителя и т.д.

В другом случае на производители реализуются лишь отдельные элементы маркетинга (например, реклама или сервис). Они не занимаются изучением рынка и оценкой предложений конкурентов. В ряде случаев службы маркетинга предприятий наделены статусами более высокого порядка (информативным или консультативным), когда им предоставляется возможность информационного обеспечения или разработки рекомендаций по маркетинговым факторам для принятия решений на других уровнях. Примером, такого подхода можно считать подхода могут служить предприятия сельскохозяйственного машиностроения, где техника в ожидании покупателя месяцами простаивает, теряя свой товарный вид и потребительские качества.

Ряд предприятий, понимая бесперспективность предыдущих методов подхода или оказавшись перед вопросом сбыта никому ненужной продукции начало использовать принципы потребительской концепции маркетинга (например, изучение рынка и производство продукции под потребности покупателя). Примером этого являются многие предприятия пищевой промышленности, и в частности выпускающие молочную, мясную и кондитерскую продукцию. Завоевав значительную часть отечественного ведущие предприятия этой продукции успешно вышли на рынки соседних стран и даже стран дальнего зарубежья.

И наконец, небольшая часть предприятий осуществляет свою деятельность, целиком переориентированную на принципы маркетинга, как концепцию управления рынком. Другими словами, маркетинг управляет всем комплексом производства и реализации продукции. Как правило, это предприятия с участием частного или зарубежного капитала, которые изначально положили указанные принципы в основу деятельности своих предприятий.

В тоже время предприятия, где службы маркетинга отсутствуют или развиты в недостаточной мере, очень редко прибегают к услугам тех организаций, которые оказывают маркетинговые услуги. По данным проведенных исследований только 40 % предприятий периодически консультируются по вопросам маркетинга, остальные рассчитывают на свои собственные силы и интуицию ввиду отсутствия средств, незнания возможностей рынка консалтинговых услуг и психологической, неготов-

ности платить за них, либо просто недооценкой важности маркетинговых проблем [3]. Большинство предприятий не придают значения маркетинговым исследованиям, не осуществляют бизнес-планирование и не разрабатывают маркетинговые планы развития своего предприятия, позволяющего наметить план повышения эффективности своей работы за счет удержания и расширения рынков сбыта своей продукции.

Недавняя история и отсутствие традиций формирования маркетингового подхода к потребительскому рынку в Беларуси отражается на характере деятельности значительного числа отечественных предприятий. К тому же ряд предприятия не в состоянии позволить себе содержание штата высококлассных специалистов-маркетологов, а некоторые руководители еще и не готовы понять необходимость предлагаемых ими изменений, которые к тому же иногда требуют проведения ряда первоначальных затратных мероприятий.

Еще одной особенностью белорусского рынка является дороговизна как отечественной, так и импортной продукции. Это во многом определяется длинным путем, который проходит товар от производителя до конечного покупателя. Посреднические накрутки в среднем составляют до 30% цены товара, а в сфере государственной торговли и значительно выше. При каждой перепродаже в эту цену закладывается очень высокая норма прибыли, чего почти не бывает в развитых странах. Причиной тому – большие экономические риски (инфляционные скачки, бюрократические издержки, система неплатежей и др.).

К тому же Беларусь сохраняется достаточно высокий уровень государственного сектора в экономике, при том, что деятельность ряда этих предприятий являются убыточной или низкоэффективной. И в тоже время решение значительной части проблем зависит не столько от макроэкономической ситуации, сколько от желания руководителей предприятий предпринимать собственные маркетинговые усилия.

Все вышесказанное свидетельствует о значительной специфике белорусского маркетинга. В числе условий улучшения условий маркетингового подхода для интенсификации рыночных отношений в нашей стране необходимо:

- обеспечить ведущую роль маркетинга в деятельности предприятий и создание для необходимых условий в первую очередь на государственном уровне;
- заложить в основу деятельности предприятий социально-этического поход, направленный на удовлетворение запросов и интересов потребителя;
- обеспечить достижение определенного уровня социально-экономического развития населения;
- использования финансовых и научно-технических ресурсов для перестройки предприятий на выпуск конкурентоспособной продукции.

Литература

1. Котлер, Ф. Маркетинг менеджмент. Экспресс-курс / Ф. Котлер, К.Л. Келлер. – Санкт-Петербург: Питер, 2016. – 480 с.
2. Юликов, Л.И. О специфике российского маркетинга / Л.И. Юликов // Вестник Финансовой академии. – 1999. – № 3. – С. 48–56.
3. Крылова, Е.Г. Развитие маркетинга в Республике Беларусь / Е.Г. Крылова // Менеджмент и маркетинг: опыт и проблемы: сборник научных трудов / Каталонский политехнический ун-т, Ун-т Монпелье 1, Консорц. белорус. ун-тов, Балтийский рус. ин-т; под общ. ред. И.Л. Акулича. – Минск: Мэджик Бук, 2003. – С. 143–146.

УДК 621-22

МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ И РАСЧЕТЫ НАДЕЖНОСТИ СТАНОЧНОЙ ГИДРОАППАРАТУРЫ DIAGNOSTIC METHODS AND CALCULATIONS THE RELIABILITY OF MACHINE HYDRAULICS

Лаптанович Д.М., магистрант;

Веренич И.А., кандидат технических наук, доцент
(Белорусский национальный технический университет)

Laptanovitch D.M., Undergraduate;

Verenich I.A. Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
(Belarusian National Technical University)

Аннотация. *Гидравлические системы станков состоят из элементов различной сложности, взаимодействие и последовательность срабатывания которых определяется заданным циклом работы оборудования. Применение, гидроприводов и гидроавтоматики в станках непрерывно увеличивается, а многочисленные конструкции и схемы гидравлических устройств быстро совершенствуются.*

Основной целью технической диагностики является повышение надежности гидроаппаратов гидросистем и снижение затрат, связанных с их эксплуатацией. Решение этой проблемы может быть осуществлено путем раннего обнаружения неисправностей и предупреждения их развития в процессе эксплуатации. Работа направленная на повышение надежности металлорежущего оборудования доказывается следующими цифрами: ежегодно на ремонт станков затрачиваются средства, составляющие 20–25 % от их первоначальной стоимости, а за весь срок эксплуатации станка затраты превышают в 6–8 раз от его первоначальной стоимости [1].

Решение задач технической диагностики всегда связано с прогнозированием надежности на ближайший период эксплуатации (до следующего технического обслуживания). Обеспечению высокого уровня надежности на стадии эксплуатации служит комплекс диагностических мероприятий. Поэтому становятся актуальными проблемы прогнозирования изменения технического состояния гидравлических приводов, и на основе этого – совершенствование методов технического обслуживания и ремонта, внедрение прогрессивных методов эксплуатации по техническому состоянию.

В результате данной работы были описаны характерные признаки неисправностей гидроаппаратов, а так же была предложена легкая и экономичная методика диагностикомногоконтурной гидросистемы металлообрабатывающего оборудования.

Abstract. Hydraulic system the machines are composed of elements of different complexity, the interaction and sequence of operation which is determined by the commanded duty cycle of the equipment. Application of hydraulic drives and hydraulics in the machines increases continuously, and numerous designs and diagrams hydraulic devices are evolving rapidly.

The main goal of technical diagnostics is to increase the reliability of gidroapparat hydraulic systems and reducing the costs associated with their use. The solution to this problem may be accomplished by early detection of faults and the prevention of their development in the process of operation. Work aimed at improving the reliability of metal-cutting equipment is proved by the following figures: every year on the repair work spent means composes 20–25 % of their original value, and for the entire lifetime of the machine costs exceed 6–8 times of its original cost.

The decision of tasks of technical diagnostics is always associated with the reliability prediction for the next period of operation (until next maintenance). To ensure a high level of reliability at the operational stage is a set of diagnostic procedures. Therefore, become important issues of forecasting changes in technical state of hydraulic actuators, and the improvement of methods of technical maintenance and repair, implementation of advanced methods of operation on a technical condition.

The result of this work was to described the characteristics of faults hydrophones, and also offered an easy and economical technique for diagnosing multiple hydraulic cutting equipment.

1. Характерные неисправности гидроаппаратов

В процессе эксплуатации оборудования его составные части подвергаются постоянному износу, динамическим нагрузкам, трениям, что приводит к преждевременным отказами оборудования описанным в литературе [1].

В золотниковых распределителях наблюдается абразивное и гидроабразивное изнашивание, схватывание, заклинивание и облитерация сопря-

жения золотника с корпусом, коррозия, фреттинг-коррозия. В результате износа поверхности золотника и корпуса принимают конусообразную и эллиптическую формы. Из-за увеличения радиального зазора повышаются внутренние перетечки рабочей жидкости из напорной полости в сливную, в результате чего снижается объемный к.п.д. гидрораспределителя.

Имеет место выкрашивание кромок в корпусах, выход из строя электромагнита, утечки по толкателям и разъемам, усадка и поломка пружин, выработка лунки толкателем соленоида, что приводит к неполному включению управляющего золотника.

В некоторых гидрораспределителях ведущим процессом изнашивания сопряжения корпус – золотник является фреттинг-коррозия. Исследование отказавших деталей [9] гидрораспределителей показало, что на поверхностях трения корпусов выделяются зоны повышенного износа, расположение которых соответствует нахождению золотников в фиксированных положениях. То, что наибольший износ происходит в периоды номинальной неподвижности сопряженных поверхностей, является показателем присутствия фреттинг-коррозии. Причиной последней может быть относительное перемещение корпусов и золотников, обусловленное вибрацией. При малых открытиях распределительных устройств расход жидкости после некоторого времени начинает уменьшаться вследствие закупорки щели механическими примесями и смолами, содержащимися в рабочей жидкости.

Неисправность демпфирующих дросселей вызывает резкие переключения, сопровождаемые гидроударами. Отсутствие перемещения золотника может быть вызвано перегревом рабочей жидкости, деформацией корпуса из-за чрезмерной затяжки соединительных болтов, низким давлением в системе управления, засорением дросселя, заклиниванием золотника пилота или отказом электромагнита. При отказе электромагнита следует проверить напряжение на зажимах, заедание якоря при перемещении и состоянии обмотки. Неполное переключение может быть вызвано разбивкой поверхностей контакта толкателя. Неполное возвращение золотника в нейтральное положение чаще всего обусловлено просадкой или поломкой пружин, замещением золотника или толкателя.

В золотниковых регулирующих [9] устройствах даже временное повышение трения нарушает принцип слежения за изменением расхода или давления рабочей жидкости и приводит к неисправной работе всей системы. К сожалению, отказы золотниковых пар, вызванные повышением трения, носят внезапный характер, что затрудняет их прогнозирование и принятие необходимых мер по их предупреждению. Одной из причин защемления золотника может служить недостаточная жесткость деталей золотниковой пары. Так как корпус золотниковой пары обычно в сечении имеет произвольную форму, то толщина стенок при круглом отверстии

под золотник или втулку, в которой размещается плунжер, получается различной. Очевидно, что в этом случае упругая деформация корпуса, под действием высокого давления рабочей жидкости, не будет происходить равномерно и форма отверстия под плунжер может исказиться таким образом, что на одних участках зазор увеличится, а на других уменьшится.

Малая или большая скорости переключения распределителя обусловлены его регулировкой износом или засорением дросселей, повышением силы трения золотниковой пары.

Нарушение герметичности по разьему может быть обусловлено повреждением уплотнения или слабой затяжкой соединительных болтов.

В клапанных распределителях в основном имеет место гидроабразивное и кавитационное изнашивание, смятие, коррозия. Износ и попадание механических примесей между клапаном и седлом вызывают утечку и способствуют возникновению кавитации[9]. Наблюдается смятие рабочих поверхностей клапана и седла вследствие большой скорости посадки клапана при его срабатывании. По этой же причине появляются раковины, риски, забоины. Имеет место заклинивание клапана, ослабление или поломка пружины.

Отсутствие перемещения рабочего органа распределителя при включении электромагнита может быть обусловлено неисправностью электромагнита или заклиниванием золотника (клапана). Повышенный нагрев и шум электромагнита чаще всего вызван попаданием грязи или инородного тела на поверхности контакта или поломкой демпферного короткозамкнутого витка. Если соленоид после включения не может передвигаться с полной амплитудой (ввиду ограничения перемещения рабочего органа распределителя), то он может перегореть.

Отказы обратных клапанов могут быть обусловлены повреждением рабочих поверхностей седла и клапана (шарика), попаданием на них механических примесей, внешними утечками по разъемным соединениям, присадкой или поломкой пружины, заклиниванием клапана.

Нередко отказы предохранительного, перепускного и переливного клапанов вызваны повреждением уплотнительных поверхностей конических клапанов и седел вследствие расклепывания при посадке, попадания между ними абразивных частиц, гидроабразивного и кавитационного изнашивания. Имеет место зависание клапанов вследствие их заклинивания, ослабления или поломки пружин. Иногда происходит засорение демпферных отверстий. Последствиями их являются утечка рабочей жидкости в бак, падение к.п.д. гидропривода, повышение температуры жидкости и клапана, наличие повышенной вибрации и шума. Внешняя не герметичность предохранительного клапана вызвана повреждением уплотнений.

Если давление настройки близко к рабочему давлению, то происходит частое срабатывание предохранительного клапана, повышаются вибрация и

шум, ускоряется процесс повреждения рабочих поверхностей клапана, усиливается кавитационное разрушение. Шум и вибрация могут быть обусловлены пульсацией давления, присутствием воздуха в рабочей жидкости.

Неисправная работа редукционного клапана вызывает значительное повышение давления в системе. С увеличением давления выше допустимого повышается вероятность возрастания трения в других золотниковых устройствах и создается опасность выхода из строя других элементов гидропривода. Присутствие механических примесей в рабочей жидкости вызывает заклинивание и ускоренный износ деталей, засорение отверстий, нарушение герметичности между седлом и клапаном, что изменяет величину редуцируемого давления и может привести к пульсации давления жидкости. Отказ этого клапана может быть обусловлен ослаблением или поломкой пружин.

В случае несрабатывания реле давления необходимо проверить зазор между рычагом и микропереключателем, обрыв провода, регулировку и состояние пружин, работоспособность микропереключателя. Нарушение герметичности может быть обусловлено ослаблением крепежа или повреждением мембраны.

Основными причинами неудовлетворительного функционирования теплообменников являются: образование накипи в водяной полости или засмоливание масляной полости, недостаточный расход воды или масла через теплообменник; нарушение герметичности. Нередко встречается нарушение герметичности теплообменника, установленного в линии слива, что обусловлено пульсацией давления и расхода рабочей жидкости; загрязнение воздушного маслоохладителя, недостаточный поток воздуха или его высокая температура; несоответствие его маслоохлаждающей способности в условиях эксплуатации гидропривода; неисправности в гидроприводе, приводящие к чрезмерному нагреву рабочей жидкости.

Для обеспечения возможности производить техническое обслуживание теплообменника при работающей гидросистеме целесообразно иметь перепускную линию, которую следует использовать и при запуске гидропривода в условиях низкой температуры для обеспечения более быстрого прогрева рабочей жидкости. Если теплоотводящая способность стандартного теплообменника недостаточна, то следует установить два стандартных теплообменника. Для уменьшения процесса загрязнения водяной полости теплообменника и повышения его эффективности целесообразно поставить фильтр для очистки воды.

Основными неисправностями сетчатых и бумажных фильтров являются: повреждение фильтрующего элемента вследствие пульсаций или высоких давлений жидкости, чрезмерного засорения фильтроэлемента; нарушение герметичности при ослаблении крепежа разъемных соединений и повреждении уплотнений; нарушение работоспособности перепускного

клапана из-за просадки или поломки пружины, износа или повреждения поверхностей шарика и седла; неправильное показание индикатором загрязненности степени загрязнения фильтроэлемента из-за поломки или просадки пружины, заклинивания магнитазолотника.

Основными неисправностями пластинчатых фильтров являются: затрудненное вращение рукоятки при повороте фильтрующего пакета вследствие изогнутости пластин или скребков, наличия заусенцев, засоренности щелей между основными и промежуточными пластинами; просачивание жидкости по стержню или по разьему между крышкой и стаканом вследствие повреждения уплотнения или ослабления крепежа крышки.

2. Методы контроля технического состояния гидросистем

Достоверность оценки технического состояния гидросистем зависит от совершенства методов их диагностирования. Существуют достаточно большое разнообразие методов контроля изменяющихся при эксплуатации параметров гидросистем. Эти методы обладают определенными преимуществами и недостатками. Выбор методов диагностирования существенно зависит от типа, назначения и условий эксплуатации приводов, а также от оснащенности эксплуатационных подразделений средствами диагностирования. На рисунке 1 представлена классификационная схема основных методов контроля гидросистем [2].

Методы контроля гидросистем можно разделить на две большие группы: субъективные и объективные.

Субъективные (органолептические) методы основаны на индивидуальном восприятии процессов, происходящих в гидросистеме. Они не предполагают измерения параметров функционирования систем.

Результаты диагностирования субъективными методами во многом зависят от опыта и квалификации механика и позволяют определить лишь качественное состояние гидросистемы или отдельных агрегатов.

Достоинствами метода являются: низкая трудоемкость; отсутствие необходимости средств измерения. К недостаткам можно отнести: высокую погрешность, невозможность предсказать неисправность и предотвратить ее.

Объективные методы основаны на использовании измерительных приборов и позволяют количественно измерять параметры технического состояния гидросистем. Зная предельные и допустимые значения параметров, можно прогнозировать потерю работоспособности отдельных узлов или гидросистемы в целом и принимать соответствующие предупредительные меры.

Метод эталонных модулей основан на сравнении экспериментально определенных значений параметров гидравлического привода и его отдельных агрегатов (мощности, КПД, усилия, крутящих моментов, давления, подачи, перемещений и др.) с их паспортными значениями или с нормами технических условий [6].

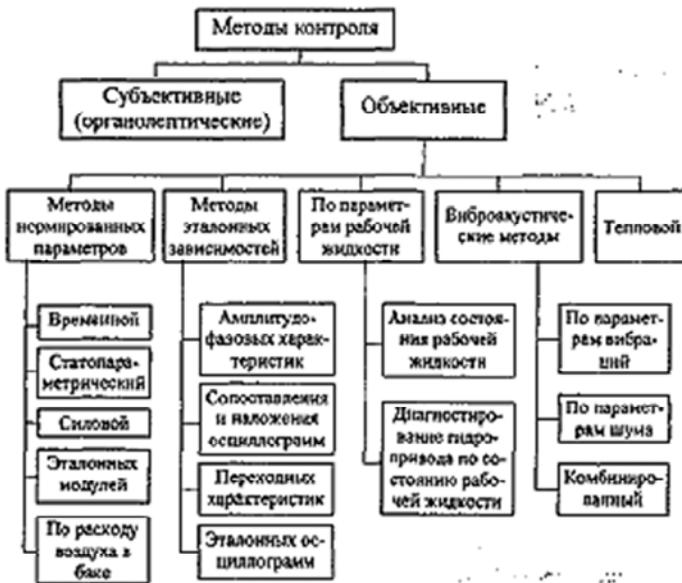


Рисунок 1 – Классификационная схема основных методов контроля гидросистем

Силовой метод основан на определении величины усилия, развиваемого исполнительным органом диагностируемой гидросистемы [6].

Статопараметрический метод основан на измерении расхода и давления установившегося задресселированного потока рабочей жидкости.

Временной метод основан на измерении параметров движения исполнительных органов приводов, нагруженных внешним нормированным силовым воздействием [6].

Акустический метод использует в качестве диагностического признака шум, который сопровождает работу гидроагрегатов. Уровень шума и его спектр непосредственно зависят от технического состояния агрегатов. Наибольшее распространение акустические методы диагностики в гидроприводах получили при оценке работоспособности гидромашин, гидроусилителей и других агрегатов, а также при определении внутренних утечек в агрегатах распределительной аппаратуры (электромагнитных кранах, золотниках, клапанах и т.д.).

Виброакустический метод предусматривает оценку зазоров в сопряжениях деталей по их вибрационным характеристикам и акустическим шумам. Работа узлов и агрегатов привода сопровождается вибро- и гидроударными процессами или акустическими шумами, которые называют структурным шумом (в отличие от воздушного шума, возбуждаемого механизмами в

окружающей среде). По мере износа механизмов или при возникновении в них дефектов нарушаются кинематические связи между деталями, вследствие чего характер шума и вибраций изменяются. Наиболее часто виброакустические методы используются для диагностирования технического состояния подшипников и деталей качающего узла насосов и гидромоторов.

Метод переходных характеристик [6] основан на анализе реакции системы на изменение давления при переходных (неустановившихся) режимах работы. Для оценки технического состояния гидропривода на основании характера протекания переходных процессов их возбуждают путем мгновенного перекрытия потока рабочей жидкости распределителем или краном управления. Диагностирование осуществляют по волновым диаграммам или переходным характеристикам.

Тепловой метод основан на оценке распределения температуры на поверхностях узлов и агрегатов, а также перепадов температур циркулирующей рабочей жидкости, так как температура является мерой количества тепла, в которое превращается теряемая энергия.

3. Разработанный метод

Для диагностики правильного функционирования всей гидросистемы специального горизонтального фрезерно-расточного станка с ЧПУ (рисунок 2) произведем разделение ее на составные части:

1. Привод гидроуравновешивания шпиндельной бабки (Ф1-Н1-Ф2+РД1+КП1-КО4-АК1-Р6-КД1-Ц4-Ц5-КД1-Т1-Ф3-Б) если данный контур работает без проблем то производят закрытие распределителя Р6.

2. привод вращения магазина инструментов Ф1-Н1-Ф2+РД1+КП1-КР1-РД2-Р4-М-Р4-К05-Т1-Ф3-Б).

3. привод выталкивания инструмента из гнезда магазина инструментов Ф1-Н1-Ф2+РД1+КП1-КР1-РД2-КО1-Р1-Ц1-Р1-Т1-Ф3-Б.

4. привод механизма захвата инструмента на перемещающемся манипуляторе Ф1-Н1-Ф2+РД1+КП1-КР1-РД2-Р2-Ц2-Р2-К02-Т1-Ф3-Б.

5. привод механизма перемещающего манипулятор Ф1-Н1-Ф2+РД1+КП1-КР1-РД2-Р3-Ц3-Р3-К03-Т1-Ф3-Б.

Как видно из анализа в каждом контуре элементная база перекрывается и если работают 4 контура, а пятый нет, то довольно легко найти неисправную гидроаппаратуру и произвести ее ремонт или замену. Я считаю, данный метод применимым для диагностики гидросистем фрезерно-расточных станков, так как видно из анализа гидросистем они имеют разветвленную структуру с часто перекрывающимися друг друга элементами. Однако следует заметить, что данный метод является бесполезным если в гидросистеме один исполнительный механизм (один контур), так как в таком случае поиск невозможен, а так же весомый недостаток то, что мы определяем только неисправный узел, а какая причина неисправности вы-

ясняем после разборки неисправного гидроаппарата. Но к достоинствам можем отнести быстроту диагностирования данным методом и отсутствием различных датчиков и диагностических устройств.

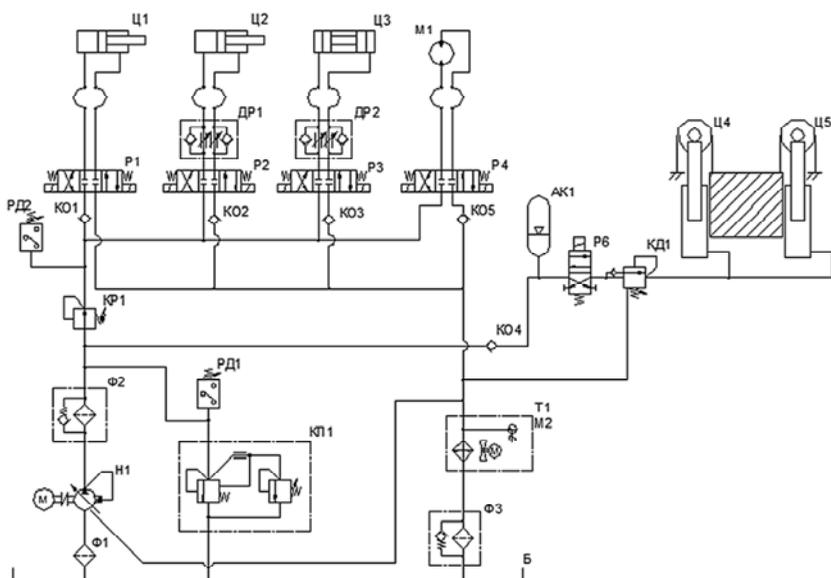


Рисунок 2 – Схема гидравлическая принципиальная специального горизонтального фрезерно-расточного станка с ЧПУ

Литература

1. Пучкин, А.Е. Эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт гидроприводов металлургического оборудования / А.Е. Пучкин. – М.: Металлургия, 1991. – 240 с.
2. Богдан, Н.В. Техническая диагностика гидросистем / Н.В. Богдан, М.И. Жилевич, Л.Г. Красневский. – Минск: Белавтотракторостроение, 2000. – 120 с.
3. Биргер, И.А. Техническая диагностика / И.А. Биргер. – М.: «Машиностроение», 1978. – 240 с.
4. Комаров, А.А. Надежность гидравлических систем / А.А. Комаров. – М.: «Машиностроение», 1969. – 236 с.
5. Алексеева, Т.В. Техническая диагностика гидравлических приводов / Т.В. Алексеева, Т.М. Башта. – М.: «Машиностроение», 1989. – 264 с.

6. Максименко, Л.Н. Диагностика строительных, дорожных и подъемно-транспортных машин: учеб. пособие / Л.Н. Максименко. – СПб.: БХВ-Петербург, 2008. – 302 с.

7. Шор, Я.Б. Таблицы для анализа и контроля надежности / Я.Б. Шор, Ф.И. Кузьмин. – «Советское радио», 1968. – 288 с.

8. Сырицын, Т.А. Эксплуатация и надежность гидро- и пневмоприводов: учебник для студентов вузов по специальности «Гидравлические машины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика» / Т.А. Сырицын. – М.: Машиностроение, 1990. – 248 с.

9. Лозовский, В.Н. Надежность гидравлических агрегатов / В.Н. Лозовский. – М.: Машиностроение, 1974. – 320 с.

10. Харазов, А.М. Техническая диагностика гидроприводов машин / А.М. Харазов. – М.: Машиностроение, 1979. – 112 с.

11. ГОСТ 20245-74 Гидроаппаратура. Правила приемки и методы испытаний.

12. Методический документ в строительстве МДС 12-20.2004 Механизация строительства.

13. Руководство по эксплуатации станка МСП6401МФ4-04В.

14. Руководство по эксплуатации станка МС6590МФ4.

15. Руководство по эксплуатации станка МС640ГМФ4-16К.

16. Руководство по эксплуатации станка МС620Ф4.

17. Руководство по эксплуатации станка МС21Г25МФ4-6В.

УДК 656.13.08

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОГРАНИЧЕНИЯ ДОСТУПА
ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В ЦЕНТРАЛЬНУЮ ЧАСТЬ ГОРОДА
EFFICIENCY EVALUATION OF THE ACCESS RESTRICTION
OF VEHICLES TO THE CITY CENTRE**

Матвеева Н., старший преподаватель; *Данилкович В.*, студентка
(Белорусский национальный технический университет, г. Минск)

Matveeva Natallia, Senior Lecturer; *Danilkovich Violetta*, Student
(Belorussian National Technical University, Minsk)

Аннотация. *Статья посвящена актуальной на сегодняшний день проблеме роста автомобилизации, что способствует увеличению загрузки основных улиц центральной части города. В качестве исследовательской задачи авторами была определена попытка проанализировать и оценить эффективность мер применяемых для ограничения доступа транспортных средств. В данной статье рассматривается зарубежный опыт ре-*

шения данной проблемы. Основное внимание в работе авторы концентрируют на применении такого метода ограничения доступа транспортных средств, как организация платного въезда. Рассмотрены методы и технологии организации платного въезда.

Abstract. *The article is devoted to the issue of the day, the growth of motorization, which increases the congestion of the main streets of the city centre. As the authors of the research objectives was determined attempt to analyze and efficiency evaluation of the access restriction of vehicles. This article describes the international experience of solving this problem. The focus of the article the authors concentrated on the use of method of access restriction of vehicles as the organization of congestion charge. The methods and technologies of organization are viewed.*

Введение

В настоящее время в Беларуси, как и во всем мире, уровень автомобилизации растет с каждым годом, что способствует появлению негативных последствий, особенно на основных улицах городов. Это происходит из-за советского подхода к строительству дорог: селитебные зоны городов спроектированы в расчете 60 легковых автомобилей на 1000 человек, а дворовые проезды в застройке 1970–1980 гг. не рассчитаны на проезд двух встречных автомобилей.

С ростом автомобилизации растет загрузка улиц, из-за чего происходит образование заторов и увеличение экономических, экологических, аварийных и социальных потерь.

Но эти проблемы не решить обычным расширением улиц, ведь, как звучит сформулированный западными экспертами вывод: «Ни один город не решил проблему пробок расширением улиц». Необходим полный комплекс мер.

Существуют различные методы организации дорожного движения (ОДД), которые в совокупности могут дать хороший результат.

К методам относятся:

- разделение транспортных потоков в пространстве и времени;
- снижение потенциальной опасности конфликтов (снижение числа необязательных, вынужденных и разрешенных маневров);
- повышение производительности (за счет улучшения видимости, выравнивания транспортного потока, назначения скорости и др.);
- специализация улиц и дорог [1].

К методам, входящих в группу «Специализация улиц и дорог», относятся:

- выравнивание состава и формирование однородности транспортного потока;
- запрещение движения тихоходного транспорта;

- организация безманеврового безостановочного движения с умеренной скоростью координации;
 - изменение режимов светофорного регулирования;
 - временный запрет движения отдельным видам транспорта;
 - ограничение доступа на магистраль;
 - создание улиц грузового движения;
 - организация сдерживающих и перехватывающих стоянок и др. [1]
- В статье будет рассмотрен один из приемов – ограничение.

Частичное ограничение въезда по видам транспорта

Введение частичного ограничения по видам транспорта помогает снизить загрузку улично-дорожной сети и уменьшает негативное влияние на окружающую среду.

Частичное ограничение по видам может распространяться, например, на грузовые автомобили, тракторы, мотоциклы, гужевой транспорт и автомобили, перевозящие опасные грузы, что встречается довольно часто на улицах городов, особенно при подъезде к центральной части города.

Плата за использование личного транспорта

Плата за использование личного транспорта является одной из самых эффективных мер по снижению транспортной нагрузки в городе. Данный метод ОДД включает в себя: плату за въезд в черту города, плату за проезд по магистрали, плату за парковку и т.д. Размер платы варьируется в зависимости от мощности автомобиля, по мере приближения к центру, по времени.

Этот метод в совокупности с зонированием города позволяет существенно снизить уровень загрузки улиц на выделенных территориях города.

Но для успешного функционирования этой системы необходимо также обеспечить нормальную работу маршрутных пассажирских транспортных средств.

Как бы ни был реализован метод, он предполагает три этапа:

- фиксацию факта и времени въезда автомобиля в платную зону;
- взимание платы с автовладельца;
- выставление и взимание штрафных санкций за неоплаченный въезд.

Технологии фиксации въезда автомобиля в платную зону

1. Предъявление заранее купленной карточки/билета/талона дорожному инспектору

Такая практика была распространена в Сингапуре с середины 1970-х до 1998 года и является одной из самых простых.

Плата за заторы являлась главным компонентом управления дорожным движением и сокращения выбросов в Сингапуре с 1975 года. Тогда плата составляла 1,3 \$ для транспортных средств, которые въезжали в зону ограниченного доступа (в бизнес-центр города) с 7:30 до 9:30 утра. Маршрут-

ный пассажирский транспорт, мотоциклы, полицейские автомобили, автомобили с пассажирами 4+ (HOV 4+) не обязаны были платить. [2]

Транспортные средства, въезжающие в зону ограничений в одном из 28 пунктов пропуска на протяжении платного периода, были обязаны показывать заранее купленную однодневную или месячную лицензию. Лицензии продавались в точках розничной торговли (банки, магазины, сервисные станции). Нарушители фиксировались на пунктах въезда сотрудниками придорожной службы, и штраф за нарушение высылался владельцу транспортного средства почтой. Для предупреждения нарушений штрафы были установлены большие [3].

С тех пор, как платная зона была представлена в Сингапуре, ее система прошла через ряд улучшений и расширилась. Вскоре после введения платный период был продлен до 10:15 утра для уменьшения движения в период с 9:30 по 10:15.

На протяжении последующих 13 лет были внесены изменения в тарифы однодневных лицензий и протяженность деловой зоны. В 1988 году тариф лицензии повысился до 2,5 \$. В 1989 году работа данной схемы распространилась на вечерний пиковый период.

С 1994 по 1998 год сбор за проезд осуществлялся целый день, а система с предъявлением лицензий была представлена на трех соседних магистралях [4].

2. Считывание номера государственной регистрации автомобиля с помощью камер

Этот способ является более сложным и действует в таких городах, как Лондон и Стокгольм.

Лондонская система платного въезда является самым крупным и известным примером и многие страны именно по примеру Лондона создавали свои системы платного въезда.

Система сбора пошлины направлена на уменьшение заторов и увеличение фондов капитального строительства транспортной системы города.

Вопрос введения системы платного въезда рассматривался с 1964 года, но система была введена только в феврале 2003 года в центральной части Лондона после 18 месяцев общественных слушаний и затем расширена в западной части в 2007 году [5].

Плата взимается в будние дни (с понедельника по пятницу) с 7:00 до 18:00 и размер платы зависит от способа оплаты.

Есть три способа:

- автоматическое взимание платы с предварительной регистрацией;
- предварительная оплата или оплата в тот же день;
- оплата по телефону или интернету на следующий день.

Также существует система штрафов, которая предусматривает различные штрафные санкции в зависимости от того, когда была внесена плата за въезд.

Для жителей платной зоны предоставляется постоянная скидка 90 %, а маршрутные пассажирские транспортные средства, автомобили экстренных служб, гибридные автомобили и мотоциклы освобождены от внесения платы за проезд.

Больше 650 камер видеонаблюдения установлено на контролируемой зоне, которые снимают видео в реальном времени регистрационных знаков всех транспортных средств [6].

Трафик быстро приспособился к введению платы. После первого года эксплуатации интенсивность транспортных средств циркулирующих в пределах платной зоны во время платных часов уменьшилась на 15 %, а число въезжающих автомобилей – на 18 %.

В Стокгольме система взимания платы была представлена на референдуме в 2006 году и введена в эксплуатацию уже в 2007 году после пробного периода [7].

Главной целью являлось уменьшение заторов и улучшение окружающей среды. Деньги, полученные за счет платного въезда, используются для строительства, реконструкции, совершенствования дорог.

Плата взимается с 6:30 до 18:30 и зависит от времени суток. В часы пик (с 7:30 до 8:30 и с 16:00 до 17:30) применяется самый высокий тариф.

Размер платы за въезд в платную зону обычно держат на высоком уровне, что стимулирует автовладельцев совершать меньше поездок через эту зону.

В Лондоне и Стокгольме плата за проезд рассчитывается исходя из принципа «пошлин Викри». Уильям Викри исходил из тех соображений, что чем сильнее нагрузка на транспортную систему в конкретный период суток, тем больше должен платить пользователь, проезжающий зону в этот период [8].

Также к этим ограничениям можно отнести взимание платы у водителей транспортных средств с дизельными двигателями или двигателями ниже стандарта Евро-4. Такая практика имеет место в Австрии, Германии, Италии, Польше, Словакии, Чехии и других странах.

Есть и города, которые ввели платный въезд для ограничения въезда в историко-культурную часть города.

Например, небольшой город, который первый ввел данное ограничение в Великобритании – Дарем. Платный въезд был введен в октябре 2002 года. Узкая улица, построенная много лет назад для проезда максимум одной небольшой повозки, начала пользоваться большим спросом как со стороны автомобилей, так и со стороны пешеходов, что повлияло на состояние окружающей среды и стало огромной угрозой для объекта всемирного наследия – Даремский собор Христа.

После года использования системы платного въезда интенсивность движения транспортных средств упала на 85 %, и до 2011 года въезд регулировался выдвижным бортиком, но, так как он стал причиной большого

количества аварий, его было решено заменить автоматической системой считывания регистрационных номеров транспортных средств.

Похожие системы можно встретить в Валлетте, Риге, Зноймо и других городах.

3. Система автоматического сбора пошлины (считывание с помощью стационарного устройства идентификатора автомобиля, встроенного в специальный бортовой гаджет)

Система автоматического сбора платы работает во многих городах мира. Первым городом, внедрившим эту систему, стал Сингапур в 1998 году [2].

1 июля 2013 года была введена в эксплуатацию система платных дорог Beltoll в Беларуси. Общее число платных участков дорог составляет 125, а платных километров – 1613 [9].

Сбор платы происходит с помощью радиосвязи. Над полотном дорог, входящих в систему BelToll размещаются металлические порталы сбора платы, оснащенные приемопередатчиками, которые обеспечивают обмен информацией с бортовым устройством, установленным на лобовом стекле транспортного средства.

Транспортные средства с технически допустимой общей массой не более 3,5 т, зарегистрированные в странах Евразийского экономического союза (Беларусь, Россия, Казахстан, Кыргызстан и Армения), освобождены от платы за проезд [10].

4. Пропуск автомобиля через турникет наличным/безналичным расчетом

Этот способ неприменим в условиях крупного города, где сложно отследить все возможности въезда водителя в платную зону. Применение возможно на платных дорогах, в аэропортах и паркингах общего пользования (часто применяется в Западной Европе).

Например, в Национальном аэропорту Минск. На автостоянке на 1235 мест функционирует автоматическая система учета времени и движения с видеофиксацией. При въезде на автостоянку водитель транспортного средства нажимает на кнопку паркомата и получает разовый билет со штрих-кодом, принятие которого означает заключение договора хранения на условиях, определенных Положением об автомобильной стоянке, утвержденным РУП «Национальный аэропорт Минск».

Платная охраняемая автостоянка не предназначена для транзитного движения транспортных средств. Оплата производится за каждый час хранения транспортного средства с момента его въезда на территорию стоянки (неполный час хранения округляется до полного) по действующему прейскуранту в национальной валюте Республики Беларусь [11].

5. Расшировка GPS-трека автомобиля

Есть два варианта оплаты въезда, используемые с этой процедурой:

- списание средств со счета автовладельца, причем отсутствие средств на счете – в момент списания – это нарушение, влекущее за собой штраф (Сингапур, Лондон);
- выставление счетов на почтовый адрес автовладельца. Государственный номер или иной идентификатор автомобиля в данном случае должен быть привязан к личным данным автовладельца, к его фактическому почтовому адресу (Стокгольм) [12].

Вывод

Организация платного въезда транспортных средств является эффективным способом уменьшения загрузки улиц, а также снижения уровня потерь, связанных с дорожным движением, в частности, уменьшение экологических потерь.

Зарубежный опыт показал, что для введения платного въезда необходимо совершить переход на разрешительный парковочный режим. При этом режиме стоянка транспортных средств разрешена только в специально отведенных для этого местах, в отличие от ограничительного режима парковки, когда стоянка разрешена везде, где не запрещена правилами дорожного движения. Также необходимо предоставить автовладельцам альтернативу в виде общественного транспорта, а именно улучшить их движение: приоритетный проезд по улично-дорожной сети, совместно с развитой системой доступных перехватывающих парковок у станций метро, также повышают эффективность использования этого метода.

В Беларуси на сегодняшний день имеют место платные стоянки и парковки, платный въезд на небольшие территории, а также платные дороги.

Литература

1. Аудит безопасности дорожного движения: [монография] / Д.В. Капский [и др.]; науч. ред. Д.В. Капский; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель: БелГУТ, 2015. – 428 с.
2. Lessons Learned from International Experience in Congestion Pricing / Final Report, prepared by K.T. Analytics. – U. S., 2008.
3. Holland, E.P. Traffic restraint in Singapore: measuring the impacts of area license scheme / E.P. Holland, P.L. Watson. – Traffic Engineering and Control, 19 – pp. 14–22.
4. Evans, J. Traveler Response to Transportation System Changes / J. Evans, K. Bhatt, K. Turnbull. – Road Value Pricing, TCRP Report 95, TRB, Washington D.C., 2003. – Chapter 14. – 80 p.
5. Mayor of London. Central London Congestion Charging Impacts Monitoring / Mayor of London. – Sixth Annual Report, TfL, 2008. – 227 p.
6. London Congestion Trends (March 2016) / INRIX. – 29 p.

7. Eliasson, J. The Stockholm congestion charges: an overview / J. Eliasson, KTH Royal Institute of Technology. – CTS Working Paper 2014:7. – 42 p.

8. Платный въезд в центр города [Электронный ресурс]: Материал из Википедии – свободной энциклопедии: Версия 82572233, сохранённая в 15:54 UTC 19 декабря 2016 / Авторы Википедии // Википедия, свободная энциклопедия. – Электрон.дан. – Сан-Франциско: Фонд Викимедиа, 2016. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/?oldid=82572233>.

9. Об отдельных вопросах функционирования системы электронного сбора платы за проезд транспортных средств по определенным дорогам Республики Беларусь: постановление Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь, 27 сентября 2012 г., № 426 // Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь. – 2012. – 1/13774.

10. Капский, Д.В. Автоматизированные системы управления дорожным движением / Д.В. Капский, Е.Н. Кот, Д.В. Рожанский. – Минск, 2015. – 368 с.

11. Платная автостоянка [Электронный ресурс] / Автор РУП «Национальный аэропорт Минск». – Электрон. Дан. – Режим доступа: <http://airport.by/parking>.

12. Commin, H. The Congestion Charging Schemes of London and Singapore: Why Did London Choose Different Technology, and Was this a Mistake? / H. Commin. – Imperial College London. – 21 p.

УДК 629.113

**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ
ФАКТОРОВ НА ПОТЕРИ В ДВИЖЕНИИ ТРАНСПОРТА
STUDYING THE INFLUENCE OF THE SPECIFIC TECHNICAL
FACTORS ON LOSSES IN TRANSPORT TRAFFIC**

Мельниченко А.И., кандидат технических наук, профессор;

Осипов В.А., соискатель

(Национальный транспортный университет, Украина)

Melnichenko A.I., Candidate of Technical Sciences, Professor;

Osipov V.A., Applicant

(National Transport University, Ukraine)

Аннотация. Рассмотрен вопрос влияния средств принудительного снижения скорости на потери в движении транспортных средств в условиях населенных пунктов.

Abstract. The issue of the influence of the means of forced speed reduction on the losses in the movement of vehicles in the conditions of settlements is considered.

Анализ существующих публикаций. Проблемами движения транспортных потоков занималось ряд исследователей: И. Н. Пугачев, В.П. Полещук, В.В. Сильянов, А.К. Бируля, Н.Ф. Хорошилов, Я.А. Калужский, Я.В. Хомяк, М.С. Фишельсон, А.А. Поляков, Г.И. Клинковштейн и др.

Актуальность проблемы. Быстрые темпы автомобилизации в городах Украины выявили проблемы связанные с уменьшением скорости передвижения транспортных потоков на основных автодорогах и улицах крупных населенных пунктов. Помимо увеличения количества транспорта существуют и другие причины образования заторов, такие как несоответствие геометрических параметров существующих дорог и улиц современным потребностям и невозможность их реконструкции из-за плотности существующей застройки.

В данной работе изучено влияние средств принудительного снижения скорости «лежачий полицейский» на потери в транспортном движении.

Основная часть

Для принятия мер по снижению аварийности с участием пешеходов, на Украине введен в действие норматив – ДСТУ 4123-2006 «Безопасность дорожного движения. Элементы принудительного снижения скорости на улицах и дорогах. Общие требования. Правила применения»[1]. С целью определения влияния «лежачих полицейских» на скорость движения транспортных потоков были проведены замеры задержки автомобилей в местах их установки на улично-дорожной сети г. Луганск (ул. 50 лет образования СССР, р-н школы) и в г. Краснодон Луганской области (ул. 1-я Конная, р-н рынка).

Первый объект согласно [1] соответствует II типу элемента принудительного снижения скорости (высота – 50–70 мм, радиус криволинейной поверхности – 11–15 град.), второй объект соответствует III типу (высота – 70–80 мм, радиус криволинейной поверхности – 20–25 град.). При проведении исследования был применен метод [2], разработанный для исследования задержек автомобилей на перекрестках.

Суть исследования заключается в определении суммарной задержки, накопленной приостановленными на данных участках автомобилями и приведении ее к одному условному автомобилю, проследовавшему через искусственную неровность. В результате получается следующая теоретическая зависимость:

1. Общая задержка, авт./с, по данному направлению за период наблюдения

$$T_{zi} = S_1 10, \quad (1)$$

где S_1 – общее число проехавших автомобилей;

10 – количество секунд.

2. Средняя задержка приостановленного автомобиля, с, прошедшего по данному направлению

$$t_{zi} = \frac{T_{zi}}{S_2}, \quad (2)$$

где S_2 – количество приостановленных автомобилей.

3. Процент приостановленных автомобилей

$$K = \frac{S_2}{S_2 + S_3} 100\%, \quad (3)$$

где S_3 – количество автомобилей, прошедших без приостановки через каждую минуту наблюдения;

условная задержка автомобилей, авт./ч, по данному направлению за 1 ч.

$$T_{ziч} = \frac{\ddot{t}_{zi} N_i}{3600}, \quad (4)$$

где N_i – часовая интенсивность по данному направлению.

Исследование выполнялись следующим образом. В специально подготовленные таблицы по числу направлений движения на обследуемом участке заносятся данные о количестве остановленных и прошедших без остановки автомобилей. Подсчет производился в течение 10 мин.

Выводы

В результате проведенного исследования выявлено, что задержки транспортных средств на элементах принудительного снижения скорости, установленных перед нерегулируемыми наземными пешеходными переходами в населенных пунктах, несущественно влияют на скорость движения транспортного потока, однако скорость движения потока может значительно снижаться при увеличении высоты элементов и угла их подъема. В дальнейшем перспективным является исследование влияния материала для изготовления «лежачих полицейских» на коэффициент сцепления шины автомобиля с покрытием.

Литература

1. ДСТУ 4123-2006 «Безопасность дорожного движения. Элементы принудительного снижения скорости на улицах и дорогах. Общие требования. Правила применения». – Киев: Госстандарт Украины, 2006.

2. Пугачев, И.Н. Организация движения автомобильного транспорта в городах / И.Н. Пугачев. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеанского гос. ун-та, 2005. – 196 с.

УДК 656.1

**ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА
ЗОН ДИЛЕММЫ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ АВАРИЙНОСТИ
В МЕСТАХ УСТАНОВКИ СРЕДСТВ ПРИНУДИТЕЛЬНОГО
СНИЖЕНИЯ СКОРОСТИ**

**STUDY OF THE POSSIBILITY OF APPLICATION OF THE METHOD
OF ZONES OF THE DILEMMA AT THE FORECASTING
OF EMERGENCY IN THE PLACES OF INSTALLATION
OF VOLUME FORCED REDUCING SPEED**

Osipov V.A., соискатель

(Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля, Украина)

Osipov V.A., Applicant

(East Ukrainian National University. V. Dalia, Ukraine)

Аннотация. *В статье рассмотрена возможность адаптации метода зон дилеммы при прогнозировании аварийности на участках автодорог, где установлены средства принудительного снижения скорости.*

Abstract. *The article considers the possibility of adapting the method of the dilemma zones in the prediction of accidents at road sections, where means of compulsory speed reduction are installed.*

Анализ существующих публикаций. При написании статьи были изучены работы ряда исследователей БНТУ: Ю.А. Врубеля, Д.В. Капского и Е.Н. Кота. Отдельные тезисы статьи опирались на собственные исследования автора. Для формулирования актуальности проблемы были использованы данные из нормативных документов в сфере безопасности дорожного движения Украины.

Актуальность проблемы. В последнее время на улично-дорожной сети и автомобильных дорогах общего пользования Украины набирает популярность внедрение так называемых «лежачих полицейских» – средств принудительного снижения скорости. Установка таких средств регламентируется нормативным документом – ДСТУ 4123: 2006 «Устройство принудительного снижения скорости дорожно-транспортной техники на улицах и дорогах. Общие технические условия». В дополнение к этому нормативу выпущены Рекомендации по применению устройств принудительного снижения скорости.

сти в соответствии с ДСТУ 4123 (Р В.2.3-218-03449261-507:2006). Однако эти документы имеют определенные пробелы, которые могут способствовать созданию аварийных ситуаций в зоне действия указанных средств.

Основная часть

При изучении работ специалистов Белорусского национального технического университета (БНТУ) [1–4], посвященных прогнозированию аварийности, особый интерес вызвала методика прогнозирования столкновений с ударом сзади на регулируемых объектах (метод зон дилеммы), предложенная проф. Врубелем Ю.А.

Данная методика позволяет прогнозировать попутные столкновения с ударом сзади на линейных и конфликтных объектах исходя из набора факторов, влияющих на аварийность, – скорости, плотности транспортного потока, условий движения, а также времени, которым располагают водители для распознавания возникающего препятствия и принятия действий по маневрированию. Основная мысль заключается в определении параметров так называемой зоны дилеммы, где водители с равной вероятностью могут принимать взаимоисключающие решения – тормозить или ускориться.

Проецируя этот метод на применение средств принудительного снижения скорости, мы имеем дело с двумя потенциальными очагами проявления зон дилеммы. В первом случае водитель, снижая скорость перед знаком 3.29 «Ограничение максимальной скорости», предусмотренным схемой организации дорожного движения (ОДД, рисунок 1), не имеет четкого представления о зоне его действия; знак 3.30 «Конец ограничения максимальной скорости» не предусмотрен схемой ОДД, как и табличка 7.1.1 «Зона действия»; примыкание (пересечение), где согласно правил дорожного движения и ДСТУ 4100:2002 «Знаки дорожные» заканчивается действие знака, может находиться вне зоны видимости водителя.

В таком случае водитель, как правило, сразу после проезда знака 3.29 может принять взаимоисключающее решение: продолжить движение на сниженной скорости или начать резкий ее набор. Следует отметить, что первый очаг проявления зоны дилеммы маловероятен, так как водитель имеет визуальный контакт со средством принудительного снижения скорости, т.е. видит реальное препятствие; схемой (см. рисунок 1) предусмотрено расстояние между знаком 3.29 и «лежащим полицейским» максимум 21 м – это и есть первая зона дилеммы.

Во втором случае дилемма наступает для водителя сразу после проезда средства принудительного **снижения** скорости. Опять же имеет место взаимоисключающее действие, что и в первом случае. К тому же собственные исследования автора показали [5], что водители зачастую вооб-

ще не производят снижения скорости непосредственно при пересечении «лежачего полицейского», рисунки 2, 3.

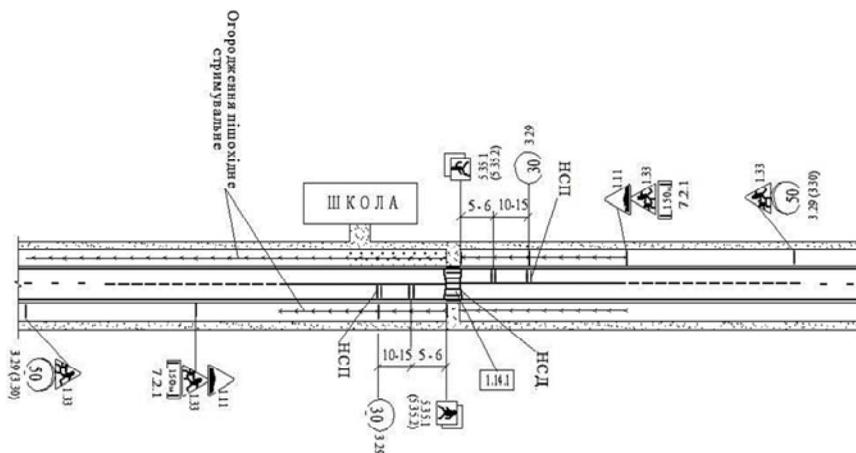


Рисунок 1 – Одна из типовых схем ОДД, предложенных Р В.2.3-218-03449261-507:2006

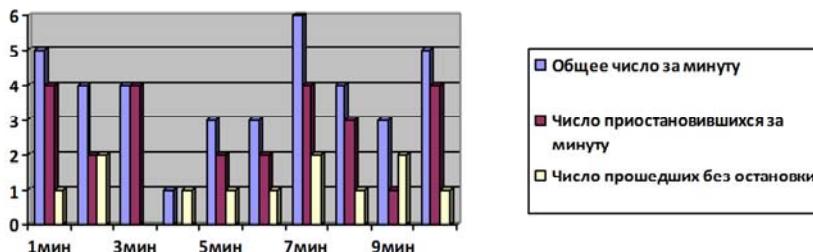


Рисунок 2 – Задержки автомобилей на ул. 50 лет образования СССР, г. Луганск

В результате проведенного исследования было выявлено, что задержки транспортных средств на элементах принудительного снижения скорости, установленных перед нерегулируемыми наземными пешеходными переходами в населенных пунктах, несущественно влияют на скорость движения транспортного потока, однако скорость движения потока может значительно снижаться при увеличении высоты элементов и угла их подъема.

Определить параметры второй зоны дилеммы не представляется возможным, так как в каждом конкретном случае она будет зависеть от таких

факторов, как расстояние до ближайшего примыкания (пересечения) и уровня правосознания водителя.

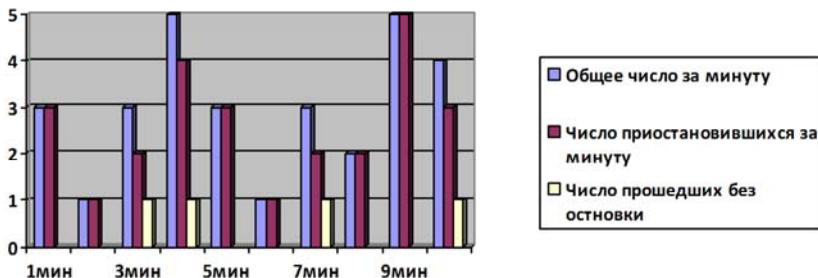


Рисунок 3 – Задержки автомобилей на ул. 1-я Конная, г. Краснодар

Выводы

Даже небольшие неточности при составлении нормативных документов могут приводить к двоякому их пониманию; дилеммы будут возникать у водителя в каждом случае недопонимания дорожной ситуации. В случае с «лежачим полицейским» – если водитель будет сознавать, где ему можно начинать набор скорости, то дилеммы нет – он сбросит скорость перед знаком 3.29 и начнет набор скорости там, где это разрешено. Поэтому в данном конкретном случае необходимо предусмотреть четкую зону действия ограничения скорости дорожно-транспортной техники.

Литература

1. Врубель, Ю.А. Организация дорожного движения / Ю.А. Врубель. – В 2 ч. – Минск: Фонд БДД, 1996. – 634 с.
2. Врубель, Ю.А. Водителю о дорожном движении / Ю.А. Врубель, Д.В. Капский. – Минск: БНТУ, 2006. – 129 с.
3. Врубель, Ю.А. Определение потерь в дорожном движении / Ю.А. Врубель, Д.В. Капский и Е.Н. Кот. – Минск: БНТУ, 2006. – 252 с.
4. Капский, Д.В. Прогнозирование аварийности в дорожном движении: монография / Д.В. Капский. – Минск: БНТУ, 2008. – 240 с.
5. Осипов, В.А. Элементы принудительного снижения скорости и их влияние на потери в движении транспорта / В.А. Осипов // Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми розвитку транспортних систем і логістики», м. Євпаторія, 3–8 травня 2012 року: збірник наукових праць / Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України, Східноукраїнський національний університет ім. В.Даля [та інш.]. – Луганськ: СНУ ім. В.Даля, 2012. – С. 191–193.

УДК 629.114.2.027

**АНАЛИЗ ТОРМОЖЕНИЯ МАШИНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ГИДРООБЪЕМНОЙ ПЕРЕДАЧИ**
**ANALYSIS OF BRAKING OF THE MACHINE USING HYDROSTATIC
TRANSMISSION**

Поварехо А.С., кандидат технических наук, доцент
(Белорусский национальный технический университет)

Pavarekha A.S., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
(Belarusian national technical University)

Аннотация. *Целью данной работы является оценка качества торможения мобильной машины, оборудованной гидрообъемной трансмиссией. Для оценки эффективности торможения составлена математическая модель процесса торможения машины, на основании которой проведен расчет по определению статических и динамических характеристик процесса торможения с использованием гидрообъемного привода. Проанализирована нагруженность гидрообъемной передачи.*

Abstract. *The aim of this work is to assess the quality of the braking mobile machines equipped with hydrostatic transmission. For assessing the brake performance of the mathematical model of process of braking of the machine on which the holding den, the calculation for the determination of static and dynamic characteristics of braking process using a hydrostatic drive. Analyzed load hydrostatic transmission.*

Введение

Безопасность транспортных средств должна рассматриваться как одно из важнейших эксплуатационных качеств. Отсутствие надежных и эффективных тормозных систем мобильных машин не только сдерживает рост их производительности за счет снижения скоростей движения, но и зачастую приводит к тяжелым дорожно-транспортным происшествиям.

В последнее время на тракторах, специальных дорожных и самоходных сельскохозяйственных машинах все более широкое применение находит гидрообъемный привод ведущих колес, который реализуется на базе регулируемых гидромашин. Наличие в приводе гидромашин с регулируемой производительностью, позволяет использовать гидрообъемный привод в процессе торможения транспортного средства.

Как известно, реализация процесса торможения указанных машин гидрорепердачей может быть осуществлена двумя способами:

- путем увеличения передаточного числа гидрорепердачи

$$u_{\text{гп}} = \frac{V_{\text{гм}} \cdot \eta_{\text{гм}}}{V_{\text{гн}} \cdot \eta_{\text{гн}}} \quad \text{за счет уменьшения рабочего объема насоса,}$$

где $V_{\text{гм}}$, $V_{\text{гн}}$ – рабочие объемы гидромотора и гидронасоса соответственно;

$\eta_{\text{гн}}$, $\eta_{\text{гм}}$ – объемные к.п.д. гидронасоса и гидромотора соответственно.

– установкой насоса на нулевую производительность ($u_{\text{гп}} = \infty$) и дросселированием гидравлического потока в цепи гидромотора.

Третий возможный способ торможения заключается в совместном торможении рабочей тормозной системой и гидравлической передачей, которое имеет ряд особенностей и в данной статье не рассматривается.

Теоретические исследования торможения машины

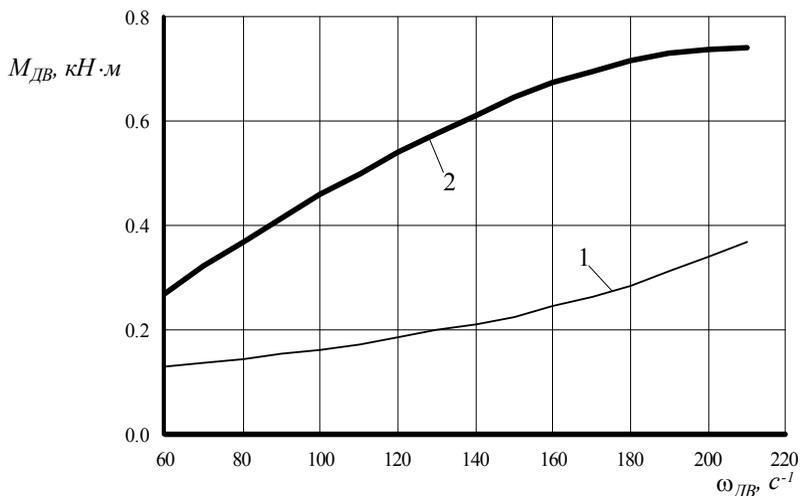
В качестве объекта исследований принята двухосная мобильная машина, оборудованная гидростатической передачей привода основного ведущего моста (передний мост). Гидрообъемная трансмиссия включает регулируемый насос, связанный с двигателем внутреннего сгорания (ДВС) через согласующий редуктор, и нерегулируемый гидромотор. Гидромотор через диапазонную коробку связан с главной передачей основного ведущего моста, оборудованного тормозными механизмами на входе бортовых редукторов. Гидромашинны имеют одинаковый номинальный объем, равный 89 см^3 ; давление подпитки $1,6 \text{ МПа}$; максимальное давление в системе 35 МПа .

При составлении расчетной схемы и математической модели предполагается обратимость гидромашин, т.е. они могут работать как в режиме насоса, так и в режиме гидромотора. Как было указано выше, реализация процесса торможения может быть осуществлена двумя способами: путем увеличения передаточного числа гидропередачи за счет уменьшения рабочего объема насоса; установкой насоса на нулевую производительность и дросселированием гидравлического потока в цепи гидромотора.

Второй способ торможения, связанный с дросселированием гидравлического потока, приводит к значительному энерговыделению в гидропередаче, перегреву рабочей жидкости при длительных торможениях. Кроме того, он предполагает введение в гидропередачу дополнительных управляемых элементов, что усложняет передачу и повышает ее стоимость. Поэтому, как показывает практика, при наличии в объемной гидропередаче регулируемых гидромашин, предпочтительным является реализация первого способа, который и будет рассматриваться далее в работе.

При этом двигатель внутреннего сгорания выступает в качестве тормозного устройства, момент которого обеспечивает замедление вращающихся элементов трансмиссии и поступательно движущихся частей маши-

ны. В данной работе рассматривалась характеристика двигателя, представленная на рисунке 1.



1 – режим холостого хода;
2 – режим холостого хода с перекрытием выпускного коллектора

Рисунок 1 – Тормозная характеристика ДВС

Таким образом, при $V_{гн} > 0$ гидростатическая передача работает в режиме моторного тормоза-замедлителя. Изменяя передаточное отношение гидропередачи можно управлять эффективностью торможения. Проблемы реализации данного способа при служебных торможениях с постоянным замедлением связаны с необходимостью регулирования передаточного отношения гидропередачи при изменении угловой скорости коленчатого вала ДВС и скорости движения машины. При $V_{гн} = 0$ торможение машины осуществляется только за счет характеристик гидромотора, так как происходит отсечка гидронасоса, который вращается независимо от гидромотора.

Для оценки эффективности торможения машины можно воспользоваться упрощенной расчетной схемой трансмиссии машины, которая представлена на рисунке 2.

В данной схеме приняты следующие обозначения: I_1 , ω_1 – приведенный момент инерции и угловая скорость ДВС, гидронасоса; I_2 , ω_2 – приведенные момент инерции гидромотора, основного ведущего моста и колес машины и их угловая скорость; $M_{ДВ}$ – момент сопротивления приводного

двигателя внутреннего сгорания; M_T – момент от действия на колеса тормозных сил.

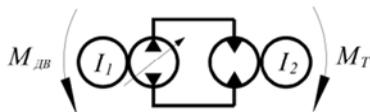


Рисунок 2 – Расчетная схема трансмиссии при торможении через гидропередачу

Математическая модель в принятых выше обозначениях будет иметь вид

$$I_1 \cdot \dot{\omega}_1 = -M_{ДВ} + \Delta p \cdot V_{гн} \cdot \eta_{м.гн};$$

$$I_2 \cdot \dot{\omega}_2 = \frac{2 \cdot F_{т1} \cdot r_{к1}}{u_{тр} \cdot \eta_{тр}} - \Delta p \cdot V_{гн} \cdot \eta_{м.гн},$$

где $\eta_{м.гн}$, $\eta_{г.гн}$ – гидромеханические к.п.д. гидромотора и гидронасоса соответственно; Δp – перепад давления на гидромашинах;

$F_{т1}$ – тормозная сила на колеса;

$r_{к1}$ – радиус тормозящегося колеса;

$u_{тр}$, $\eta_{тр}$ – передаточное отношение и к.п.д. трансмиссии соответственно.

При решении данных дифференциальных уравнений следует иметь в виду два возможных режима работы гидропередачи:

– гидравлический поток замкнут, и циркулирует между гидромотором и гидронасосом (учитывая подпитку системы);

– гидравлическая передача работает на клапанах, часть расхода жидкости сливается через перепускные клапана.

В первом случае из взаимосвязи расходов гидромотора и гидронасоса можно получить взаимосвязь угловых скоростей гидромашин, которая имеет вид

$$u_{гн} = \frac{\omega_{гн}}{\omega_{м}} = \frac{V_{м} \cdot \eta_{вм}}{V_{гн} \cdot \eta_{вгн}}.$$

Тогда в приведенных выше уравнениях имеем три неизвестные и три уравнения, решая которые находим ω_1 , ω_2 и Δp .

Второй случай работы гидросистемы наступает, если подводимый к гидромашинам, в частности гидронасосу, от ДВС крутящий момент вызы-

вает повышение давления в системе выше максимально допустимого, на которое отрегулированы перепускные клапаны (в рассматриваемом случае это 35 МПа). При этом гидравлический поток от гидромотора разветвляется на две части: одна поступает в гидронасос и уравнивается инерционными составляющими и тормозным моментом ДВС, вторая перепускается между магистралями высокого и низкого давления.

В данном случае система дифференциальных уравнений имеет вид

$$I_1 \cdot \dot{\omega}_1 = -M_{\text{ДВ}} + \Delta p \cdot V_{\text{ГН}} \cdot \eta_{\text{м.ГН}};$$

$$I_2 \cdot \dot{\omega}_2 = \frac{2 \cdot F_{\text{т1}} \cdot r_{\text{к1}}}{u_{\text{тр}} \cdot \eta_{\text{тр}}} - \Delta p \cdot V_{\text{ГМ}} \cdot \eta_{\text{м.ГМ}},$$

где величина Δp определяется настройкой перепускных клапанов.

Максимальный момент, развиваемый гидромотором, который соответствует работе гидросистемы на клапанах, определяется

$$M_{\text{м}} = \frac{V_{\text{м}} \cdot \Delta p_{\text{max}}}{2 \cdot \pi \cdot \eta_{\text{м.ГМ}}}.$$

Дополнительно к уравнениям, описывающим динамические процессы в трансмиссии, добавляются дифференциальные уравнения, позволяющие найти распределение нормальных реакций на колесах машины и соответствующие значения тормозных сил [1].

Полученные зависимости тормозного пути машины от начальной скорости движения при торможении показывают, что эффективность торможения машины оказывается ниже нормативных требований. При этом установившиеся значения замедления составляют только $2,2 \text{ м/с}^2$.

Установлено, что короткое время (около $0,11 \dots 0,16 \text{ с}$), перехода гидросистемы на работу через перепускные клапана при высоких скоростях движения увеличивает динамическую нагруженность гидромашин, что снижает долговечность их работы. В отличие от тягового режима, где рекомендуемое время перевода гидронасоса на максимальную подачу $0,8 \dots 1,0 \text{ с}$, в тормозном режиме фактически время перехода к максимальным нагрузкам в несколько раз меньше. В частности, при начальной скорости движения 2 м/с время перехода системы на клапана составляет $0,35 \text{ с}$. Кроме того, увеличивается общее время работы гидросистемы на клапанах, что приводит к повышенному нагреву рабочей жидкости и снижению к.п.д. гидropередачи.

Установлено, что короткое время (около 0,11...0,16 с), перехода гидросистемы на работу через перепускные клапана при высоких скоростях движения увеличивает динамическую нагруженность гидромашин, что снижает долговечность их работы. В отличие от тягового режима, где рекомендуемое время перевода гидронасоса на максимальную подачу 0,8...1,0 с, в тормозном режиме фактически время перехода к максимальным нагрузкам в несколько раз меньше. В частности, при начальной скорости движения 2 м/с время перехода системы на клапана составляет 0,35 с. Кроме того, увеличивается общее время работы гидросистемы на клапанах, что приводит к повышенному нагреву рабочей жидкости и снижению к.п.д. гидропередачи.

Анализируя динамические тормозные характеристики (рисунок 3) можно отметить, что время нарастания удельных тормозных сил на колесах тормозного моста составляет около 0,2 с, что аналогично случаю использования рабочей тормозной системы. Однако уровень удельных тормозных сил оказывается ниже аналогичных показателей для рабочей тормозной системы.

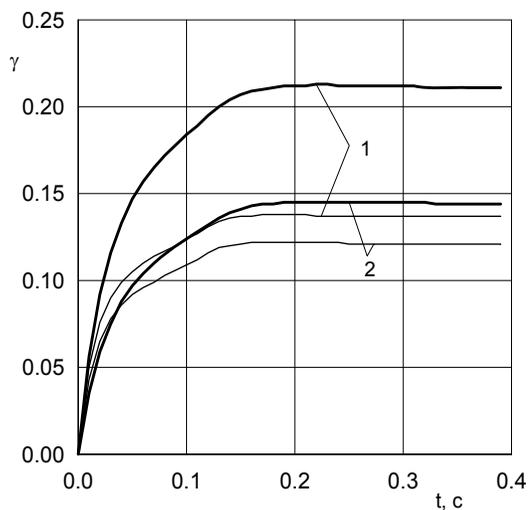


Рисунок 3 – Динамические тормозные характеристики: — машина массой 8000 кг; — машина массой 10700 кг; 1 – удельная тормозная сила ведущего моста; 2 – удельная тормозная сила машины в целом

Выводы

Таким образом, в результате исследований установлено, что общая эффективность торможения машины с гидрообъемной трансмиссией зависит

от тормозной характеристики двигателя, моментов инерции двигателя и связанных с ним вращающихся элементов.

В целом, при использовании гидрообъемной передачи в качестве рабочей тормозной системы необходимо согласование быстродействия системы управления гидронасосом с характеристиками приводного двигателя.

Короткое время перехода гидросистемы на работу через перепускные клапана увеличивает динамическую нагруженность гидромашин, что снижает долговечность их работы.

Литература

1. Поварехо, А.С. Исследование распределения моментов в трансмиссиях колесных машин / А.С. Поварехо // Sesja naukowa «Mechanika stosowana», Bydgoszcz, 2000. – S. 193–205.

УДК 006.06

ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ: ОТ НАЦИОНАЛЬНОГО К ГЛОБАЛЬНОМУ

TECHNICAL REGULATION OF CONSTRUCTIVE SAFETY OF ROAD VEHICLES IN REPUBLIC OF BELARUS: FROM NATIONALITY TO GLOBAL

Сидоров С.А., кандидат технических наук, доцент, заведующий
Испытательным центром «Белавтосертика» филиала БНТУ
«Научно-исследовательская часть»;

Сонич О.А., старший преподаватель, научный сотрудник, заместитель
руководителя Органа по сертификации «ПОЛИТЕХ-СЕРТ» филиала БНТУ
«Научно-исследовательская часть»

(Белорусский национальный технический университет, г. Минск)

Sidarau Siarhei, PhD in Engineering Sciences, Head of the Test center
«Belavtosertika» of branch BNTU «Research and Scientific Part»;

Sonich Oleg, senior lector, scientist, Deputy head of bureau of certification
«POLYTECH-SERT» of branch BNTU «Research and Scientific Part»
(Belarusian National Technical University, Minsk)

Аннотация. *Статья посвящена вопросам технического регулирования в области безопасности колесных транспортных средств в Республике Беларусь. Описаны тенденции перехода от национальных требований к глобальным.*

Abstract. *The article is devoted to issues of technical regulation in the field of wheel vehicles safety in the Republic of Belarus. Describes trends in the transition from national requirements to a global.*

Современные колесные транспортные средства являются сложными техническими объектами, обладающими большим числом свойств и показателей. Подтверждение безопасности таких объектов является сложной, длительной и зачастую весьма дорогостоящей задачей. Решение этой задачи усложняется еще и тем обстоятельством, что каждая страна может устанавливать национальные требования, касающиеся как собственно безопасности, так и процедур или порядка проведения ее подтверждения. Так, к примеру, в Республике Беларусь и Российской Федерации существуют требования к уровню внутреннего шума автомобильных транспортных средств. Однако указанное свойство не требуется подтверждать в странах ЕС [1].

С целью снижения затрат на подтверждение соответствия транспортных средств, равно как и любой другой продукции, а также снятия технических барьеров для торговли между производителями разных стран требует принятия единых принципов и правил технического регулирования.

В странах Европы широкое применение как инструмент технического регулирования в отношении колесных транспортных средств получили Правила Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций (Правила ЕЭК ООН), разрабатываемые Комитетом по внутреннему транспорту на основании «Соглашения о принятии единообразных технических предписаний для колесных транспортных средств, предметов их оборудования и частей, которые могут быть установлены и/или использованы на колесных транспортных средствах, и об условиях взаимного признания официальных утверждений, выдаваемых на основе этих предписаний» [2]. К Соглашению присоединились, полностью или частично, более 60 стран, в том числе и Республика Беларусь. В настоящее время разработано и введено в действие 137 Правил ЕЭК ООН, еще несколько Правил находятся на стадии рассмотрения и согласования Техническими Комитетами. Так, в частности, разрабатываются Правила № 138 «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения бесшумных автотранспортных средств в отношении их пониженной слышимости», № 139 «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения легковых автомобилей в отношении систем вспомогательного торможения (СВТ)», № 140 «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения пассажирских автомобилей в отношении систем электронного контроля устойчивости (ЭКУ)».

Однако каждая из стран-участников вправе присоединяться или не присоединяться к конкретным Правилам, а, следовательно, применять или

не применять их на своей территории. Так Республика Беларусь присоединилась и ввела в качестве государственных стандартов 126 Правил ЕЭК ООН. Причем применение и проверка соответствия предписаниям отдельных Правил до настоящего времени вызывает определенные трудности. Например, в Республике Беларусь отсутствует возможность проведения испытаний по требованиям, являющимися основополагающими в обеспечении пассивной безопасности: Правила ЕЭК ООН № 33 «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении поведения их конструкции в случае лобового столкновения», № 94 «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении защиты водителя и пассажиров в случае лобового столкновения», № 95 «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении защиты водителя и пассажиров в случае бокового столкновения». Отсутствует в полном объеме возможность определения уровня выбросов загрязняющих веществ моторными транспортными средствами в соответствии с предписаниями Правил ЕЭК ООН 83 «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении выбросов загрязняющих веществ в зависимости от требований к моторному топливу».

Республика Беларусь не присоединилась к Правилам ЕЭК ООН № 127 «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения механических транспортных средств в отношении их характеристик, влияющих на безопасность пешеходов», к Правилам ЕЭК ООН № 129 «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения усовершенствованных детских удерживающих систем, используемых на борту автотранспортных средств». При этом национальные нормативные правовые акты уделяют большое внимание предупреждению дорожно-транспортных происшествий с участием пешеходов а также детей, а также снижению тяжести их последствий.

Тем не менее, в настоящее время ведутся обсуждения о целесообразности введения в Республике Беларусь Правил ЕЭК ООН №130 «Правила о единообразных предписаниях, касающихся официального утверждения механических транспортных средств в отношении систем предупреждения о выходе из полосы движения». Такая система должна предупреждать водителя о пересечении транспортным средством видимой маркировки полосы движения на автодороге, разметка которой изменяется от прямой до изогнутой линии с минимальным радиусом внутренней полосы движения в 250 м. Однако введение этих Правил в нашей стране представляется преждевременным, так как соблюдение предписаний обуславливается, помимо конструкции самого транспортного средства, еще и состоянием

дорожной сети, в частности наличием и четкостью дорожной разметки, а также требованиями к материалам, из которых выполнена разметка.

Более реалистично введение Правил ЕЭК ООН № 131 «Единые предписания, касающиеся официального утверждения опережающих систем экстренного торможения (ОСЭТ). Безусловно, наличие таких систем повысит безопасность. Однако преимущества от их применения для отдельных групп транспортных средств будет довольно незначительным. Это характерно для автомобилей, которые эксплуатируются главным образом в условиях, не связанных с движением по автомагистралям. Кроме того, для отдельных групп транспортных средств (повышенной проходимости и специальные транспортные средства с рабочим оборудованием, установленным на передней части транспортного средства), установка такой системы будет сопряжена с техническими трудностями, связанными с выбором места установки датчиков. Помимо этого возрастет и стоимость транспортного средства.

Вместе с Правилами ЕЭК ООН в Республике Беларусь ведутся работы по внедрению Глобальных технических правил. Эти Правила основываются на «Соглашении о введении глобальных технических правил для колесных транспортных средств, предметов оборудования и частей, которые могут быть установлены и/или использованы на колесных транспортных средствах», заключенном в Женеве 25 июня 1998 года [3]. Данный документ оговаривает технические правила в отношении рабочих характеристик, от которых зависит безопасность транспортных средств и их защита от угона, а также состояние окружающей среды и эффективность использования энергии. Участниками и учредителями принятого Соглашения первоначально были Великобритания, Германия, Канада, Российская Федерация, США, Франция и Япония. Несколько позднее к нему присоединились Азербайджан, Венгрия, Испания, Италия, Корейская Республика, КНР, Нидерланды, Новая Зеландия, Румыния, Словакия, Турция, Финляндия и Швеция. К настоящему времени разработано 18 Глобальных технических правил касающихся тормозных систем двух- и четырехколесных транспортных средств, выбросов двигателями, бортовых систем диагностики, безопасных стекол, подголовников, электронных систем контроля устойчивости, расположения, идентификации и функционирования органов управления, контрольных сигналов и индикаторов для мотоциклов, транспортных средств, работающих на водороде и топливных элементах, шин, обеспечения безопасности пешеходов. Однако участникам Соглашения не удалось прийти к единому мнению по вопросам технического нормирования обзорности, поведения автомобилей при боковом ударе, совместимости конструкций колесных транспортных средств при дорожно-транспортных происшествиях и интеллектуальным транспортным системам.

На сегодняшний день в Республике Беларусь в качестве государственных введены только Глобальные технические правила № 1 «Дверные замки и элементы крепления дверей» и Глобальные технические правила № 9 «Безопасность пешеходов». В настоящее время Белорусский государственный институт стандартизации и сертификации ГИСС проводит рассмотрение с целью определения необходимости введения в качестве государственных стандартов Республики Беларусь Глобальных технических правил №№ 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16.

В 2000 году постановлением № 18 Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь утвержден и введен в действие СТБ 5.2.03-2000 «Национальная система сертификации Республики Беларусь. Порядок проведения сертификации колесных транспортных средств, предметов их оборудования и частей» [4], разработанный органом по сертификации автотранспортных средств и прицепов Белорусской государственной политехнической академии. Данный технический нормативный правовой акт устанавливал порядок как обязательного и добровольного подтверждения соответствия, так и официального утверждения типа колесных транспортных средств, предметов их оборудования и частей в отношении Правил ЕЭК ООН. Стандарт претерпел несколько изменений и утратил свою актуальность с введением в действие Технических регламентов Таможенного союза.

С 1 января 2015 года основным документом, касающимся безопасности транспортных средств и их компонентов, в странах-участниках Евразийского экономического союза (ЕАЭС) является Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств». Данный документ разработан на основании «Соглашения о единых принципах и правилах технического регулирования в Республике Беларусь, Республике Казахстан и Российской Федерации» от 18 ноября 2010 г. и утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. № 877 [5].

Требования указанного технического регламента гармонизированы с требованиями Правил Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций, Глобальных технических правил, принимаемых на основании «Соглашения о введении Глобальных технических правил для колесных транспортных средств, предметов оборудования и частей, которые могут быть установлены и/или использованы на колесных транспортных средствах» и предписаний, принимаемых на основании «Соглашения о принятии единообразных условий для периодических технических осмотров колесных транспортных средств и о взаимном признании таких осмотров».

Введению в действие Технического регламента ТР ТС 018/2011 предшествовала большая и кропотливая работа. Было проведено несколько

совещаний рабочих групп с участием органов государственного управления в области технического нормирования, стандартизации, метрологии, оценки соответствия, органов государственного регулирования в области безопасности дорожного движения, органов по аккредитации, органов по сертификации, испытательных центров и т.п. В рабочую группу от Республики Беларусь входили сотрудники Белорусского национального технического университета, а именно кафедры «Автомобили» и научно-исследовательской и испытательной лаборатории транспортных средств филиала БНТУ «Научно-исследовательская часть».

Технический регламент ТР ТС 018/2011 обладает неоспоримыми преимуществами: кроме определения применяемых терминов, документ содержит единые правила обращения на рынке и ввода в эксплуатацию объектов технического регулирования, единые требования безопасности, а также процедуры оценки соответствия транспортных средств, их шасси, в том числе единичных и находящихся в эксплуатации, и компонентов транспортных средств. Кроме того, определены требования к маркировке продукции единым знаком обращения на рынке государств-членов ЕАЭС.

Однако, не смотря на более чем годовой срок с момента введения Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств», существуют и проблемы его применения. В частности с 1 января 2017 ТР ТС 018/2011 требует, чтобы выпускаемых в обращение транспортные средства оснащались системой вызова экстренных оперативных служб, основанной на системе спутниковой навигации ГЛОНАСС. Данная система осуществляет определение координат, скорости и направления движения транспортного средства с помощью сигналов не менее двух действующих глобальных навигационных спутниковых систем, передачу сообщения о транспортном средстве при дорожно-транспортном и ином происшествии в ручном режиме и двустороннюю голосовую связь с экстренными оперативными службами по сетям подвижной радиотелефонной связи. Однако внедрению такой системы препятствует, в значительной степени, отсутствие необходимой инфраструктуры для её функционирования как в нашей стране, так и на части территории Российской Федерации и других участников ЕАЭС. Введение в действие данного требования на территории Республики Беларусь отложено до декабря 2018 года. До этой даты планируется разработка и внедрение системы «ЭРА-РБ», совместимой с системой «ЭРА-ГЛОНАСС».

Технический регламент ТР ТС 018/2011 – не статичный документ. По мере его применения разными участниками документ претерпевает изменения, включающие как уточнение терминов, так и содержание требований безопасности.

Литература

1. Автомобильные транспортные средства. Шум внутренних. Допустимые уровни и методы испытаний: СТБ ГОСТ 51616-2002. – Введ. 27.09.2002. – Минск: БелГИСС, 2002. – 22 с.
2. UNECE [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.unecese.org/wp29.html/>. – Дата доступа: 03.04.2017.
3. Соглашение о введении глобальных технических правил для колесных транспортных средств, предметов оборудования и частей, которые могут быть установлены и/или использованы на колесных транспортных средствах: принято 25.06.1998; вступ. в силу 18.11.2004 / UNECE. – Женева, 1998. – 88 с.
4. Национальная система сертификации Республики Беларусь. Порядок проведения сертификации колесных транспортных средств, предметов их оборудования и частей: СТБ 5.2.03-2000. – Введ. 23.06.2000. – Минск: БелГИСС, 2009. – 68 с.
5. О безопасности колесных транспортных средств: ТР ТС 018/2011: принят 09.12.2011; вступ. в силу 01.01.2015 / Евраз. экон. комис. – Минск: БелГИСС, 2012. – 252 с.

УДК 658.3

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ МОТИВАЦИИ ТРУДА РАБОТНИКОВ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В НОВЫХ УСЛОВИЯХ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ

WAYS OF INCREASE MOTIVATION OF WORKERS ON THE MOTOR TRANSPORTATION ENTERPRISE IN THE NEW CONDITIONS OF MANAGING

Тозик А.А., кандидат экономических наук, доцент
(Белорусский национальный технический университет)

Tozik A.A., Candidate of economic Sciences, associate Professor
(Belarusian National Technical University)

Аннотация. В статье рассматривается проблема эффективной мотивации труда персонала предприятий. Предложены основные направления повышения мотивации труда работников автотранспортных предприятий в новых условиях хозяйствования. Рекомендовано применение бестарифной системы оплаты труда с элементами коллективной и индивидуальной ответственности за результаты работы предприятия.

Abstract. *The article considers a problem of effective motivation of the staff on the enterprise. The author gives a basic directions of increase motivation the workers on the motor transportation enterprises in the new conditions of managing. The author recommends the tariff-free wage system with collective and personal responsibility.*

В современном деловом мире коммерческий успех любой организации, в том числе и автомобильного транспорта, далеко не в последнюю очередь зависит от того, в какой степени работники могут реализовать свой профессиональный потенциал.

А степень реализации этого труда во многом зависит от уровня мотивации труда коллектива той или иной организации в целом и каждого работника персонально.

Несмотря на достаточно большое количество теорий и опубликованных примеров из практики, мотивация труда зачастую остается для руководителей чем-то загадочным и таинственным.

Во многом это происходит потому, что мотивы у людей могут быть самые разные, да и механизм формирования мотивации различен.

Ведь, по большому счету, суть мотивации труда состоит в том, чтобы руководитель имел возможность давать работникам то, что они больше всего хотят получить от выполняемой работы или оказываемой услуги.

И чем полнее руководитель сможет удовлетворить их пожелания, тем больше шансов у такого руководителя получить то, что данной организации нужно: производительность труда на достойном уровне, высокое качество выпускаемых товаров, выполняемых работ и оказываемых услуг.

Это, в конечном счете, дает возможность быть конкурентоспособным на рынке товаров и услуг, максимизировать прибыль и рентабельность.

Зная положение дел на предприятиях автомобильного транспорта Республики Беларусь, хотелось бы в данной статье предложить свое видение повышения мотивации труда работников данных предприятий.

Нельзя умалять значение прямого экономического стимулирования, без наличия которого невозможно говорить о серьезной значимости какого-либо другого вида мотивации.

Неэффективная система вознаграждения может вызвать у работников неудовлетворенность как размером, так и способами определения и распределения вознаграждения, что всегда влечет за собой снижение производительности труда, падение качества, нарушение дисциплины.

С другой стороны, эффективная система оплаты труда стимулирует повышение производительности работников, направляет их деятельность в нужное русло.

Стимулирующая роль денег особенно эффективна, когда предприятия вознаграждают своих сотрудников в зависимости от объема и качества вы-

полненных работ и получения конкретных результатов, а не за отсиженное на рабочем месте время. Прошло более пяти лет после выхода Указа Президента Республики Беларусь № 181 от 10.05.2011 г. «О некоторых мерах по совершенствованию государственного регулирования в области труда», согласно которому с 01.06.2011 г. Единая тарифная система (далее по тексту ЕТС) в Республике Беларусь носит рекомендательный характер.

Иными словами, предприятия, в том числе и автотранспортные, имеют возможность самостоятельно разрабатывать свои, более совершенные, привлекательные системы оплаты труда.

Что же изменилось за это время? По большому счету ничего. И если раньше руководители и специалисты предприятий одной из причин неэффективности работы предприятий называли отсутствие должной мотивации труда в связи с обязательным применением ЕТС, то сейчас мнение о целесообразности применения ЕТС у многих резко поменялось с отрицательного на положительное.

С моей точки зрения, на практике все объясняется достаточно просто. Подавляющее большинство специалистов экономических служб предприятий не хотят, а многие и не способны, разрабатывать новые варианты и подходы к оплате труда работников своих коллективов.

Да, сегодня нужно отдать должное автотранспортным предприятиям (далее по тексту АТП) в плане разработки тарифов на оказание транспортных услуг. В основе тарифной политики лежат пробеги автомобилей и простои у заказчиков. Ушли в прошлое или постепенно исчезают такие понятия, как объем перевезенного груза, нормативный простой под грузкой-разгрузкой и т.д.

Эти показатели в первую очередь являются заботой заказчиков транспортных услуг. В связи с такой постановкой вопроса для АТП становятся второстепенными такие показатели, как коэффициенты использования грузоподъемности и пробега, длина груженой ездки и т.д.

Новые веяния следует внедрять и при формировании фонда оплаты труда (далее по тексту ФОТ) работников АТП. Это должно касаться всех категорий работников, начиная от водителей и заканчивая руководителями, т.е. заработная плата всех и каждого должна быть тесно связана с конечными результатами работы предприятия.

Учитывая, что при существующих формах оплаты труда, повременной и сдельной, в основе лежит время, затраченное на выполнение той или иной работы, то давно назрела необходимость отойти от расчета трудоемких и ненужных, скажем, расценок за перевезенные тонны и выполненные тонно-километры для водителей при сдельной оплате труда.

И так, для внедрения более эффективной бестарифной системы отплаты труда необходимо, с моей точки зрения, сделать несколько последовательных шагов.

1-й шаг.

Необходимо определиться с размером ФОТ. Базовой величиной в этом случае может быть ФОТ за прошлый год. По многим АТП в последнее время годовой ФОТ составляет примерно 24-25 % от суммарных доходов за тот же период.

Долю каждого работника предприятия в базовом ФОТ можно определить при помощи квалификационного уровня работника.

Квалификационный уровень работника в данном случае устанавливается всем членам трудового коллектива и определяется как частное от деления фактической заработной платы того или иного работника за прошлый год на сложившийся на предприятии минимальный уровень заработной платы за тот же период.

И если в прошлом году, например, на конкретном предприятии среднемесячная минимальная заработная плата составила, скажем, 280 рублей, а средняя – 700, то средний квалификационный уровень на данном предприятии на 01.01 текущего года будет равен 2,5.

Потенциально квалификационный уровень руководителя предприятия может быть на уровне 20.

При средней численности работающих на предприятии порядка 200 человек, суммарный квалификационный уровень составит 500:

$$2,5 * 200 = 500$$

Таким образом, по результатам работы за конкретный период в текущем году, т.е. в зависимости от суммы полученных доходов и сформированного ФОТ, можно определить базовую заработную плату каждого конкретного работника по следующей формуле:

$$ЗП_i = \frac{\text{ФОТ}}{\text{СКУ}} * КУ_i,$$

где СКУ – суммарный квалификационный уровень по предприятию;

$КУ_i$ – квалификационный уровень конкретного работника.

Есть смысл квалификационный уровень работников предприятий один раз в год, а в определенных случаях и чаще, пересматривать.

Вопрос об изменении квалификационного уровня, как правило, должен решать Совет трудового коллектива с учетом индивидуальных характеристик работников.

2-й шаг.

Второй шаг связан с определением групп сотрудников и отдельных подразделений, работа которых завязана на выполнение отдельных показателей в цепочке показателей, определяющих конечный результат работы любого коммерческого предприятия.

Таких групп и подразделений на АТП можно выделить несколько.

Это:

- руководители;
- специалисты;
- служащие;
- техническая служба;
- коммерческая служба.

Если подходить несколько формально, то в общем все работники должны работать на конечный результат – получение максимальной прибыли и достойный уровень рентабельности.

Но объективно, в первую очередь за эти показатели должны отвечать руководители, специалисты и в какой-то степени служащие.

Основным же показателем работы технической службы должен быть коэффициент технической готовности подвижного состава. Он должен быть максимально высоким и теоретически стремиться к 1.

Основная задача коммерческой службы – обеспечить максимальный выпуск автомобилей на линию. В идеальном случае коэффициенты технической готовности и выпуска должны быть равны.

Определив таким образом группы и подразделения, есть возможность за конкретный период времени в текущем году сформировать ФОТ по данным группам и подразделениям.

И в зависимости от того, выполнила та или иная группа или подразделение свои основные плановые показатели (прибыль, рентабельность, коэффициенты технической готовности и выпуска), перевыполнила или же, наоборот, не смогла выполнить, ФОТ будет корректироваться в ту или иную сторону. И вот здесь четко будет просматриваться коллективная ответственность за конечные результаты работы.

На предприятии в этом случае четко должен быть прописан алгоритм перераспределения части средств из ФОТ одних групп и подразделений другим по результатам выполнения плановых показателей.

3-й шаг.

Данный шаг предполагает наряду с коллективной ответственностью за конечные результаты работы четко обозначить и индивидуальную.

Иными словами, важной составляющей в фактической величине заработной платы каждого конкретного сотрудника является значение коэффициента трудового участия (далее по тексту КТУ).

Положение о КТУ должно разрабатываться для отдельных групп работников и подразделений предприятия и отражать специфику работы этих групп и подразделений.

Каждый работник на 1-е число текущего месяца имеет значение КТУ равное 1. В течение месяца каждому работнику руководителями групп и подразделений выставляются значения КТУ, характеризующие отношение работников к выполнению возложенных на них обязательств.

Как показывает личный опыт, целесообразно выставлять значение КТУ ежедневно по окончании рабочего дня, делать это гласно, с доведением результатов до каждого работника.

Предлагается устанавливать максимальное и минимальное значение КТУ на уровне 1,5 и 0,5 соответственно.

Таким образом, определив заработную плату работников по квалификационному уровню и перемножив ее на соответствующее среднемесячное значение КТУ, можем иметь фактическое значение общей суммы заработной платы на 50 % больше или на половину меньше первоначальной суммы.

Например, имея заработную плату, начисленную согласно квалификационного уровня, в размере 800 рублей, фактически можно получить при:

- КТУ = 1,5 – 1200 рублей;
- КТУ = 0,5 – 400 рублей.

Таким образом, фактическая заработная плата может отличаться в 3 раза.

Очень важным в плане повышения мотивации труда персонала предприятия является фактор правильного, объективного и необходимого подбора показателей, при наличии которых значение КТУ увеличивается или уменьшается.

С этой целью в данной статье делается попытка подобрать такие показатели для оценки труда наиболее массовой категории работников АТП – водителей.

Показатели, которые работают на повышение КТУ:

- выполнение особо важных работ;
- проявление творческой инициативы при выполнении планового задания;
- активное участие в жизни коллектива предприятия.

Показатели, которые работают на понижение КТУ:

- ДТП по вине водителя;
- нарушение ПДД;
- нарушение требований охраны труда и техники безопасности;
- нарушение трудовой дисциплины;
- нарушение внутреннего трудового распорядка.

Для наглядности показатели и их значения заносим в следующую таблицу.

Показатели КТУ и их значение

№ п/п	Показатели КТУ	Значение КТУ
Повышающие		
1	Выполнение особо важных работ	0,1–0,3
2	Проявление творческой инициативы при выполнении планового задания	0,1–0,2
3	Активное участие в жизни коллектива предприятия	0,1–0,2
Понижающие		
1	ДПТ по вине водителя	0,1–0,5
2	Нарушение ПДД	0,1–0,3
3	Нарушение требований охраны труда и техники безопасности	0,1–0,3
4	Нарушение трудовой дисциплины	0,1–0,2
5	Нарушение внутреннего трудового распорядка	0,1–0,2

Следует отметить, что в таком подходе к распределению заработной платы много психологических элементов, а поэтому очень важны хорошие взаимоотношения внутри коллектива для исключения обид, недопонимания и т.д.

Руководителям предприятий в данном случае нужно быть хорошими организаторами, воспитателями и психологами, чтобы при переходе на новую систему оплаты труда сохранился или сложился доброжелательный климат в коллективе и честное соперничество.

Следует также помнить, что материальные факторы далеко не всегда могут быть единственной формой вознаграждения за труд.

Я допускаю, что может быть и не для всех работников в нашей стране важны элементы моральной мотивации. Но ради объективности необходимо отметить, что для значительного большинства сотрудников тех или иных предприятий вопросы моральной мотивации являются важным дополнением к мотивации материальной.

С моей точки зрения, очень важно, чтобы материальные и моральные элементы мотивации к труду взаимно дополняли друг друга.

Существует достаточно много направлений моральной мотивации к труду. Мне наиболее симпатичны отдельные из этих направлений:

- создание команды;
- информированность коллектива и его участие в жизни предприятия;
- гибкий график работы и надомный труд.

Команды – группа людей, объединенных общей целью, использующая для ее достижения способности каждого члена команды и возможности объединенной группы.

Работа в команде под руководством лидера – это правильный принцип. Нужно только уметь реализовать данную схему.

Еще один способ мотивировать персонал – создание фирменной газеты или внутреннего корпоративного сайта, где можно разместить последние новости, локальные нормативные акты, результаты работы компании в целом и отдельных подразделений, поздравления, фотографии работников с указанием вопросов, по которым можно к ним обратиться, фотографии с корпоративных мероприятий и многое другое.

Гибкий график работы и надомный труд – регулирование самими сотрудниками по согласованию с руководством время начала и окончания работы, сокращенный рабочий день по пятницам за счет сокращения обеденного времени и т.д.

Не требуя больших финансовых вложений со стороны предприятий, гибкий режим работы и надомный труд обладают большой мотивирующей силой. Это достигается путем установления баланса между работой и личной жизнью сотрудника. Работа в такой ситуации становится задачей, которая решается, а не местом, куда приходят.

Таким образом, подводя итоги, хотелось бы верить, что материал данной статьи поможет специалистам предприятий автомобильного транспорта при разработке и внедрении более прогрессивных систем бестарифной оплаты труда. В совокупности с предложенными моральными факторами мотивации это даст возможность более эффективно использовать потенциал сотрудников предприятий.

УДК 629.113

**ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ МОДЕЛИ ТЕЛЕЖКИ
КОЛЕСНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА
THE STUDY OF THE STABILITY OF THE MODEL
CART WHEELED VEHICLE**

Энглези И.П., кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой
«Техническая эксплуатация автомобилей»

(Донецкая академия автомобильного транспорта, г. Донецк);

Ефименко А.Н., аспирант; *Мойся Д.Л.*, аспирант

(Национальный транспортный университет, г. Киев)

Anglesy I.P., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, head of
Department «Technical exploitation of cars»

(Donetsk Academy of automobile transport, Donetsk);

Yefymenko Alla, Postgraduate; *Moysia Dmytriy*, Postgraduate

(National Transport University, Kiev)

Аннотация. На базе упрощенной одномассовой системы построена модель тележки колесного транспортного средства с направляющим ко-

лесным модулем. Получены значения коэффициента упругости направляющего модуля, которые обеспечат устойчивость системы. Приведена оценка возможных упругих деформаций пневматических опор. Представлена визуализация движения модели тележки на комбинированном участке путепровода.

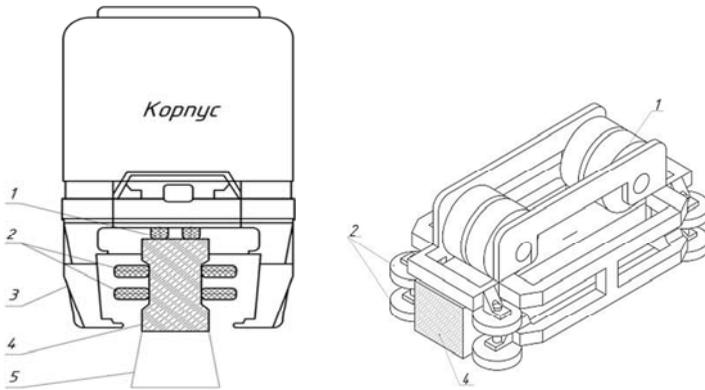
Abstract. *On the basis of a simplified single-mass system model was built trolley wheeled vehicle with the guide wheel module. The obtained values of the coefficient of elasticity of the guide module, which will ensure the stability of the system. Shows the assessment of the possible elastic deformations of pneumatic supports. Presents visualization of the movement of the truck model on the combined area of the overpass.*

Введение

Для разгрузки городского транспорта и уменьшения времени перемещения пассажиров необходимо внедрение альтернативных видов транспорта, одним из которых является – монорельс. К преимуществам монорельсового транспорта следует отнести: компактность, стоимость внедрения, безопасность движения пассажиров. Существует несколько разновидностей монорельсового транспорта, которые классифицируют по способу подвеса вагонов. Практический интерес вызывает монорельсовая система «Alweg» опорного типа [1, 2, 3], в конструкцию которой входят пневматические несущие 1 и направляющие 2 колеса, перемещающиеся по специальному путепроводу (рисунок 1). Модель взаимодействия колеса с опорной поверхностью можно отнести к традиционной модели увода И. Рокара [4], соответственно данный вид транспорта можно назвать колесным транспортным средством (КТС). Направляющий колесный модуль, является стабилизирующим элементом в поперечном и продольном направлении, предотвращает боковое опрокидывание КТС. Для раскрытия вопроса устойчивости транспортного средства, в целом, необходимо провести исследование его составляющей единицы – тележки; построить на базе упрощенной одномассовой системы её модель с направляющим колесным модулем. Выполнить обоснованный выбор значений коэффициента упругости направляющего модуля, который обеспечит устойчивость системы.

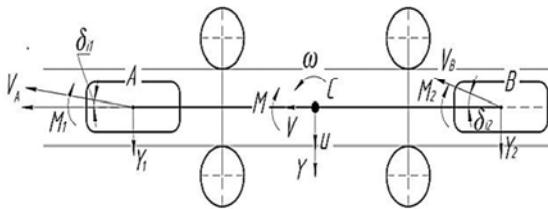
При движении в кривых участках пути, за счет упругой деформации направляющего модуля в поперечном направлении, может происходить схождение несущих колес, поэтому необходимо ограничить центростремительное ускорение на уровне $a_{y\max} = 4 \text{ м/с}^2$.

Модель тележки КТС с направляющим колесным модулем учитывает упругую силу Y и упругий момент M , которые линейно зависят от радиального смещения центра масс тележки относительно программной траектории (рисунок 2, а).

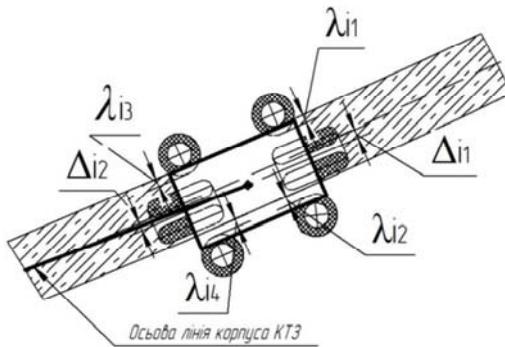


1 – несущие (опорные) колеса; 2 – направляющие (стабилизирующие) колеса;
 3 – боковые стороны корпуса КТС; 4 – путепровод; 5 – поддерживающая колонна

Рисунок 1 – Принципиальная схема тележки на пневматических колесах



а)



б)

Рисунок 2 – Расчетная велосипедная схема тележки КТС (а)
 и его визуализация (б)

Параметры λ и Δ характеризуют деформацию направляющих колес и поперечное смещение несущих колес соответственно (рисунок 2, б).

Оценим максимально допустимую кривизну путепровода при скорости движения 80 км/ч – радиус кривизны не менее 150 м (из условия ограничения ускорения $a_{y\max} > V^2/R$).

Математические уравнения движения одномассовой модели тележки с направляющим колесным модулем, который обеспечивает курсовую стабилизацию вдоль путепровода, имеют вид (1). В сравнении с известными уравнениями «свободного» экипажа, вводятся упругая сила Y и упругий момент M , которые линейно зависят от радиального смещения центра масс тележки относительно программной траектории, разности курсовых углов тележки и программной кривой соответственно.

$$\begin{cases} m(\dot{u} + v\omega) = Y_1 \cos \theta + Y_2 + Y \\ J\dot{\omega} = aY_1 - bY_2 - M - M_1 - M_2 \\ \dot{\Psi} = \omega, \quad \dot{x}_C = v \cdot \cos \psi - u \cdot \sin \psi, \quad \dot{y}_C = v \cdot \sin \psi + u \cdot \cos \psi \end{cases}, \quad (1)$$

где m, J – масса и момент инерции тележки;

a, b – расстояния, соответственно, от передней и задней осей до центра масс тележки;

v, u – продольная и поперечная проекции вектора скорости центра масс тележки;

\dot{u} – боковое ускорение тележки;

Y_1, Y_2 – силы увода;

M_1, M_2 – моменты увода, которые определяются на основе гипотезы увода;

$\omega, \dot{\omega}$ – угловая скорость и угловое ускорение тележки относительно его центральной вертикальной оси;

x_C, y_C – координаты центра масс тележки КТС;

ψ_i – курсовой угол тележки.

Согласно гипотезе увода И. Рокара сила увода при качении колеса с уводом [4], пропорциональна углу увода. Распределенные силы увода и упругие силы в пятне контакта образуют уравновешенную систему сил, на основании закона Гука.

Сила увода всегда направлена противоположно направлению поперечного проскальзывания; сила увода смещена относительно оси колеса в продольном направлении, что приводит к появлению момента увода, который стремится повернуть колесо так, чтобы продольная плоскость колеса совпадала с вектором скорости его центра.

Силы и моменты увода определяются на основе эмпирических зависимостей, как функции углов увода [5, 6]. В работе учтены нелинейные зависимости сил и моментов увода, отражающие реальные упругие характеристики пневматических колес и дают возможность исследовать механизмы потери устойчивости системы при достаточно больших возмущениях фазовых переменных.

При исследовании используются зависимости силы увода (2) и момента увода (3):

$$Y_i = k_i \cdot \delta_i / \sqrt{1 + (k_i \delta_i / (\kappa_i N_i))^2} ; \quad (2)$$

$$M_i = A_i \cdot \delta_i / (B_i \delta_i^4 + C_i \delta_i^2 + 1) ; \quad (3)$$

где k_i – коэффициент сопротивления уводу;

δ_i – угол увода i -го несущего колеса;

κ_i – коэффициент трения колеса в поперечном направлении;

N_i – нагрузка на приведенное колесо;

A_i, B_i, C_i – коэффициенты, определяемые эмпирически.

Углы увода на передних и задних несущих колесах имеют следующий вид:

$$\delta_1 = -\arctg \frac{u + a\omega}{v} ; \quad \delta_2 = \arctg \frac{-u + b\omega}{v} . \quad (4)$$

Ниже приведены графики зависимостей силы и момента увода как функции угла увода, которые были получены нами и используются в расчетах при численном анализе $\bar{Y} = f(\delta)$ и $M = f(\delta)$ (рисунок 3) [7].

Определяем упругую силу и момент, которые возникают в пятне контакта направляющих колес с боковой поверхностью путепровода, при движении на прямом участке пути (5) и в круговом (6):

$$\begin{aligned} Y &= -C_y \cdot y_c ; \\ M &= -C_\psi \cdot \psi ; \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} Y &= C_y \left(11^2 K_r / 2 - \left(1 / K_r - \sqrt{(y_c - 1 / K_r)^2 + x_c^2} \right) \right) ; \\ M &= C_\psi (\psi - \varphi) \end{aligned} \quad (6)$$

где K_r – кривизна круговой траектории;
 l – база направляющего модуля;
 x_c, y_c – координаты центра масс тележки КТС.

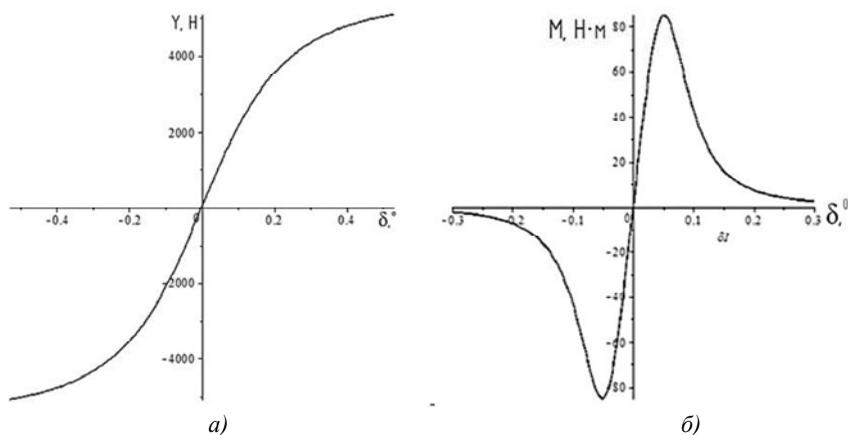


Рисунок 3 – Графики зависимостей силы (а) и момента (б) увода как функции угла увода

Выполнено моделирование движения тележки в криволинейном участке путепровода постоянной кривизны, в среде пакета численно-аналитических расчетов Maple. Цель моделирования состоит в теоретическом обосновании выбора значений конструктивных параметров системы, а именно коэффициента упругости направляющего колесного модуля, который варьировался, для достижения необходимых ограничений максимального нормального ускорения и упругих деформаций в поперечном направлении.

Для численного моделирования использовались следующие значения параметров тележки: $m = 1320$ кг; $J = 4224$ кг·м²; $a = b = 1$ м; $k_1 = k_2 = 23000$ Н; $C_y = 250000$ Н/м; $g = 9,8$ м/с²; $v = 22$ м/с; $R = 150$ м; $l = 1,5$ м.

Построено траекторию центра масс тележки КТС (рисунок 4)

Приведены графики зависимостей изменения во времени радиального отклонения центра масс тележки КТС от программной траектории (рисунок 5, а) и нормального ускорения центра масс a_y (рисунок 5, б).

С помощью пакета численно-аналитических расчетов Maple было выполнено визуализацию траектории центра масс тележки КТС. При обобщенной поперечной жесткости направляющего колесного модуля $C_y = 250000$ Н/м реализуется максимальное значение радиального отклонения центра масс от программной траектории, которое составляет 20 мм;

максимальное значение нормального ускорения центра масс отвечает значению $a_{y_{max}} = 6 \text{ м/с}^2$, что несколько превышает нормы поперечных ускорений, но установившееся значение бокового ускорения удовлетворяет выбранному ограничению $a_{y_{max}} < 4 \text{ м/с}^2$.

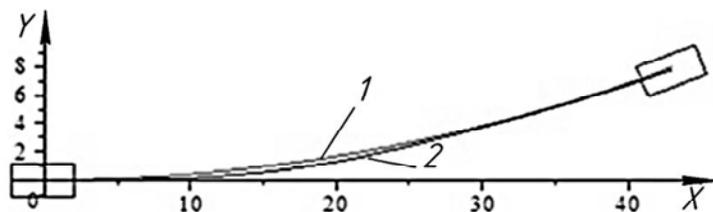


Рисунок 4 – Програмная кривая (1) и траектория центра масс тележки колесного транспортного средства (2)

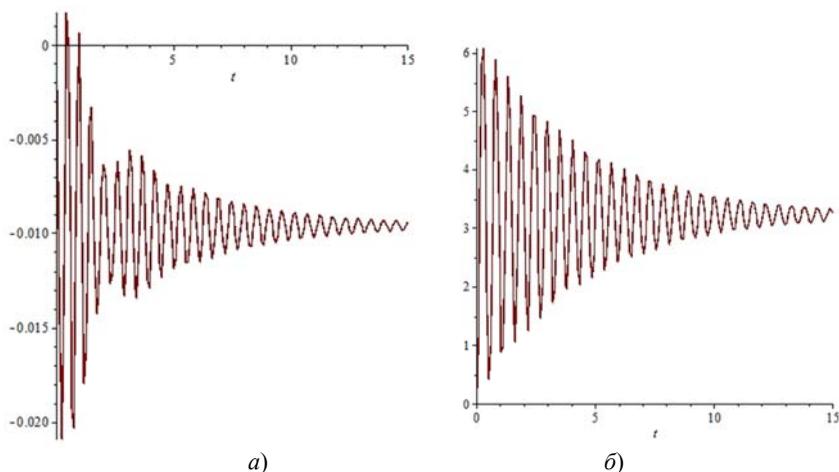


Рисунок 5 – Графики радиального отклонения центра масс тележки КТС от программной траектории (а) и нормального ускорения при переходе с прямолинейного участка путепровода в круговой (б)

Исходя из выше отмеченного, предложенный рациональный выбор обобщенной жесткости обеспечивает безопасность эксплуатации данной конструкции, что в дальнейшем будет целесообразно исследовать для КТС в целом.

Литература

1. Ryan R. Kennedy [Electronic resource]: Considering Monorail Rapid Transit for North American Cities. Available at: <http://www.monorails.org/webpix%202/ryanrkennedy.pdf>.
2. www.STC-IN.com & www.skytraincorp.com [Electronic resource]: Monorail History and Technology of Successful Technology. Available at: http://www.skytraincorp.com/pp/stc_mht.pdf.
3. Коротенко, М.Л. Устойчивость движения вагона монорельсовой эстакадной дороги [Текст] / М.Л. Коротенко, Н.В. Донцова // Межвуз. сб. науч. тр. / ДИИТ. – Днепропетровск, 1984. – Вып. 232: Проблемы динамики и прочности железнодорожного подвижного состава. – С. 53–58.
4. Рокар, И. Неустойчивость в механике / Ива Рокар. – М.: Издательство иностр. лит., 1959. – 288 с.
5. Fiala, E. Seitenkrafte am rollenden Luftreifen / E. Fiala. VDI – Zeitschrift. – 1954. – № 96. – S. 973–979.
6. К определению характеристик силового взаимодействия упругого пневматика с опорной поверхностью при постоянном угле увода (Обобщение на случай продольных сил, действующих в пятне контакта) / В.Г. Вербицкий [и др.] // Вісник СевНТУ: зб. наук. пр.. Вип. 152/2014. Серія: Машиноприладобудування та транспорт. – Севастополь, 2014. – С. 56–59.
7. Вербицкий, В.Г. До визначення математичної моделі монорейкового вагона системи Alweg в кругових ділянках траєкторії / В.Г. Вербицкий, А.М. Єфименко // «Новітні шляхи створення, технічної експлуатації, ремонту і сервісу автомобілів»: збірник тез доповідей науково-практичної конференції 8–11 вересня 2015р. Одеса – Коблево. – С. 28–32.

УДК 656

УСПОКОЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

CONCERNING THE MOVEMENT TO INCREASE THE QUALITY OF ROAD TRAFFIC

Кузьменко В.Н., Мозалевский Д.В., Полховская А.С., Муравьева Н.С.
(Белорусский национальный технический университет)

Kuzmenko V.N., Mozalevsky D.V., Polhovskaya A.S., Muraveva N.S.
(Belarusian National Technical University)

Аннотация. *Выполнены работы по совершенствованию организации движения в зоне нерегулируемого пешеходного перехода методами «успо-*

коения» движения. Предложены и обоснованы организационные и планировочные решения по упорядочиванию дорожного движения и улучшению условий видимости.

Abstract. *Work was done to improve the organization of traffic in the unregulated pedestrian crossing zone by the methods of «calming down» traffic. Organizational and planning solutions for ordering traffic and improving visibility conditions were proposed and justified.*

В научно-исследовательском центре дорожного движения филиала БНТУ «Научно-исследовательская часть» проводятся работы по повышению качества дорожного движения как на отдельных транспортных объектах, так и на участках дорожной сети городов. Мероприятия позволяют снизить аварийные, экономические и экологические потери. Как правило, заказчиком проведения данных работ является Управление ГАИ ГУВД Мингорисполкома, совместно с которым производится мониторинг аварийно-опасных участков. Так, для исследований выбран нерегулируемый пешеходный переход через ул. Варвашени возле д. 11, который расположен в Заводском районе г. Минска. Улица Варвашени является магистральной улицей районного значения (категория Б4 по ТКП 45-3.03-227-2010). Исследуемый пешеходный переход расположен на улице с четырьмя полосами движения. Возле перехода имеется местный проезд – выезд из двора, организованный около общежития № 8 МАЗа. Крайние правые полосы используются для стоянки автомобилей, поэтому транзитное движение по ним на перегоне не осуществляется. Ширина проезжей части ул. Варвашени (входы А и С) составляет 15 м – по 2 полосы для движения в каждом направлении. Ширина полосы составляет 3,75 м. Встречные потоки отделены друг от друга разметкой 1.3. Островок безопасности для пешеходов отсутствует. Пешеходный переход обозначен разметкой 1.14.2 и знаками 5.16.2(1) на желтом фоне. Ширина пешеходного перехода – 4 м. Тротуары отделены от проезжей части газоном. Состояние тротуаров и проезжей части хорошее. ТСОДД находятся в хорошем и отличном состоянии.

Исследуемый пешеходный переход расположен между заездными карманами ОП МПТ («Магазин»). Через пешеходный переход проходят транспортные потоки, следующие с пр-та Партизанского (из центра города или с МКАД) в район жилой застройки микрорайона Северный поселок (и в обратном направлении). На ул. Варвашени расположены: районы жилой застройки; районы частной застройки; учебно-воспитательные заведения; иные государственные учреждения (Комитет по трудоустройству, Отделение дневного пребывания инвалидов); социально-бытовые объекты (магазины, столовая, библиотека и т.д.) (рисунок 1). Основные пешеходные по-

токи формируются близлежащей жилой застройкой, остановочными пунктами «Магазин», социально-бытовыми объектами.

Через исследуемый участок проходят маршруты пассажирского транспорта: автобус № 22 «Ангарская – Чижовка». Исследуемый пешеходный переход расположен между заездными карманами двух остановочных пунктов – оба остановочных пункта называются «Магазин».

Движение пешеходов и велосипедистов осуществляется совместно по тротуарам без разделения на зоны для движения. Разметка, разделяющая пешеходные и велосипедные потоки, а также знаки 4.5.1 «Велосипедная дорожка», 4.6.1 «Пешеходная дорожка» отсутствуют, что приводит к дискомфорту совместного движения пешеходов и велосипедистов.



Рисунок 1 – Объекты тяготения пешеходов исследуемого участка ул. Варшавени

Интенсивность и состав транспортных потоков определялись путем натурного эксперимента по методике Белорусского национального технического университета в рабочие дни недели. Измерения разделялись на отдельные независимые замеры по входам и по направлениям. В программном комплексе «RTF-Road traffic flows» (Свидетельство № 222 от 17.09.10 г. о регистрации компьютерных программ в Национальном центре интеллектуальной собственности // Д.В. Капский, Д.В. Мозалевский, М.К. Мирош-

ник, А.В. Коржова; В.Н. Кузьменко; А.С. Полховская; Е.Н. Костюкович) затем были обработаны исходные данные, в результате чего получены картограммы интенсивности и неравномерности движения, диаграммы состава транспортного потока и таблицы других параметров. Измерения проводились в будние дни в мае-июне 2012 года. Результаты выходной информации в виде рисунков фрагментарно приведены ниже.

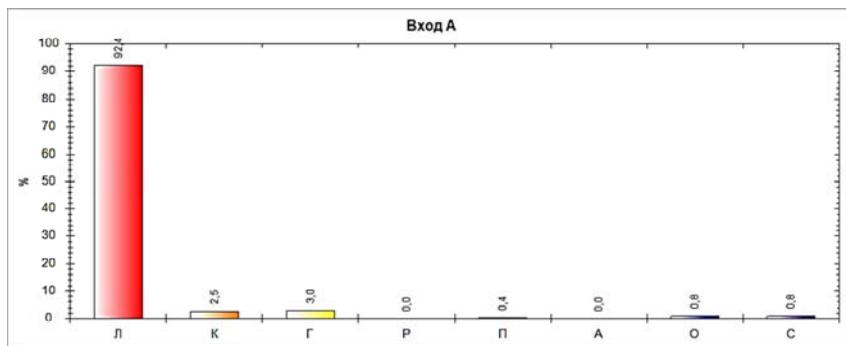


Рисунок 2 – Диаграмма состава транспортного потока на входе А

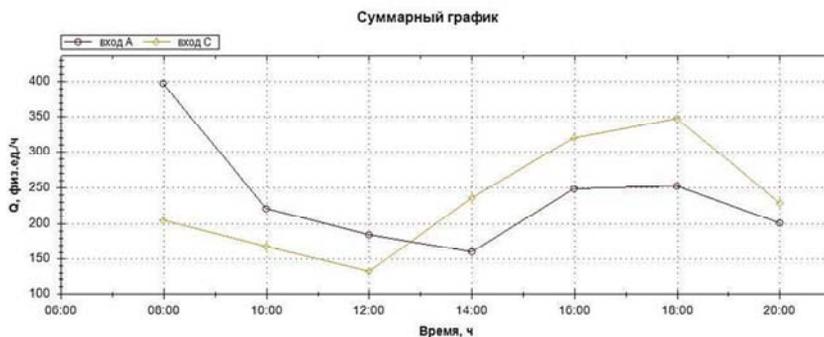


Рисунок 3 – Суточная неравномерность интенсивности движения транспорта по входам

По улице Варшавени вдоль всей проезжей части крайние правые полосы используются для стоянки транспортных средств. Поэтому движение осуществляется только по вторым полосам (рисунок 4).

Треугольники боковой видимости определялись экспериментальным путем. В соответствии с ТКП 45-3.03-227-2010 «Улицы населенных пунктов. Строительные нормы проектирования» треугольник видимости нор-

мативный в конфликте транспорт-пешеход при максимальной разрешенной скорости, равной 60 км/ч, принят $50\text{ м} \times 10\text{ м}$ и равной 40 км/ч, принят $40\text{ м} \times 8\text{ м}$. Также оценивалась прозрачность треугольника боковой обзорности. Если автомобиль виден почти непрерывно (более 90 % времени), то прозрачность треугольника боковой видимости отличная. Если видимость составляет 70...90% времени, то прозрачность хорошая (имеются отдельные помехи, например: стойки дорожных знаков, опоры линии электропередач, отдельные нетолстые деревья); если 40–70 % – удовлетворительная (значительные помехи, включая отдельные припаркованные автомобили); менее 40 % – неудовлетворительная (очень сильные помехи, в том числе, деревья, припаркованные грузовые автомобили и автобусы, с трудом или перерывами различается главный конфликтующий участник).



Рисунок 4 – Исследуемый нерегулируемый пешеходный переход (вид со входов)

Треугольники боковой видимости в конфликте транспорт-пешеход были исследованы для средней полосы движения, как на входе А, так и на входе С, поскольку первая полоса используется для стоянки транспортных средств и движение по ней не осуществляется. Из-за наличия в зоне треугольника боковой видимости припаркованных автомобилей его прозрачность является неудовлетворительной, треугольник не соответствует нормативным требованиям. Также к ухудшению треугольника боковой видимости в конфликте транспорт-пешеход приводит наличие часто растущих деревьев (рисунок 5).

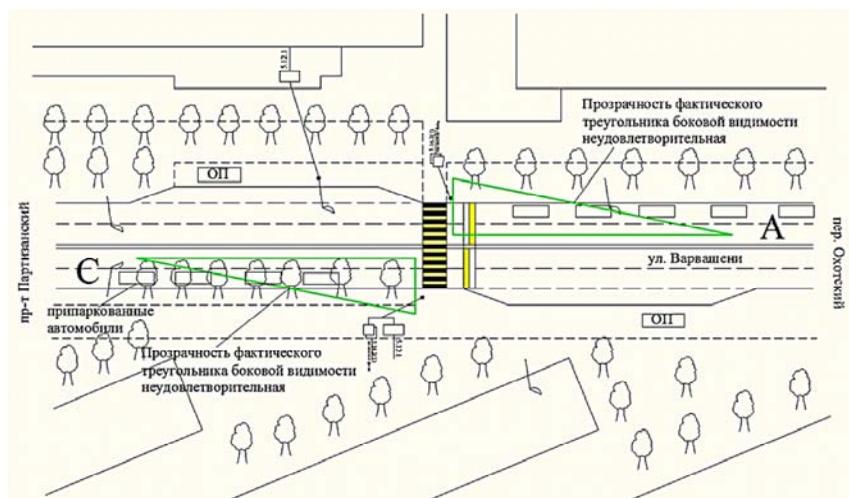


Рисунок 5 – Треугольники боковой видимости в конфликте «транспорт–пешеход»

Также проводились исследования скорости движения транспортных потоков в зоне приближения к исследуемому пешеходному переходу проводились по методике БНТУ. Определялись параметры распределения скоростей, такие как математическое ожидание, среднее квадратическое отклонение и коэффициент вариации. По результатам расчетов построены кривые распределения скоростей (рисунок 6). Следует отметить, что замеры скорости движения по первой полосе входа А и С не выполнялись, поскольку правая полоса в обоих направлениях занята припаркованными автомобилями.

Средняя скорость движения транспортного потока на входе А составила 47,9 км/ч (по второй полосе); на входе С – 36,3 км/ч (также по второй полосе).

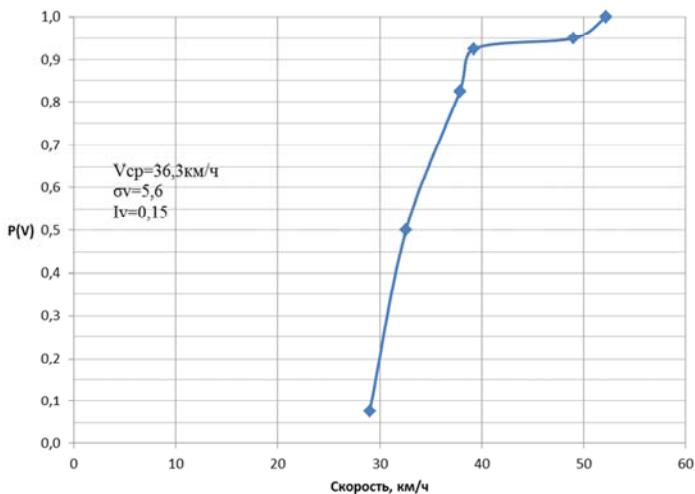
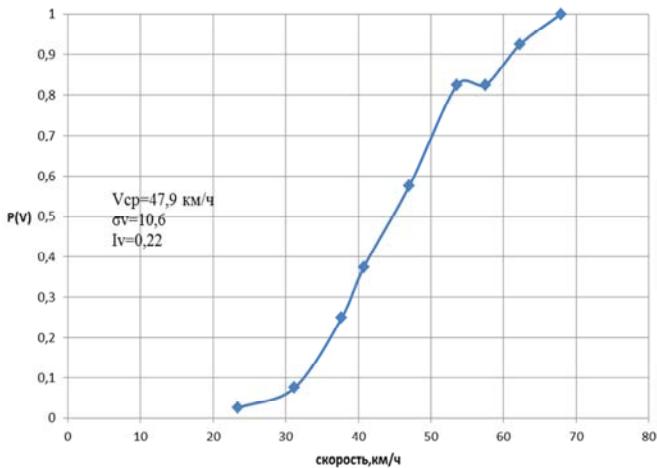


Рисунок 6 – Кумулятивная кривая распределения скоростей движения на подходе к исследуемому переходу (входы А и Б)

Для упорядочивания движения и повышения его качества на исследуемом участке разработаны мероприятия по совершенствованию организации дорожного движения, предусматривающие устройство сужений проезжей части в зоне пешеходных переходов, что улучшает условия видимости

сти и снижает опасность конфликтного взаимодействия транспортных и пешеходных потоков; упорядочивание размещения парковочных мест на первой полосе проезжей части; выделение заездных карманов для маршрутного пассажирского транспорта (рисунок 7).

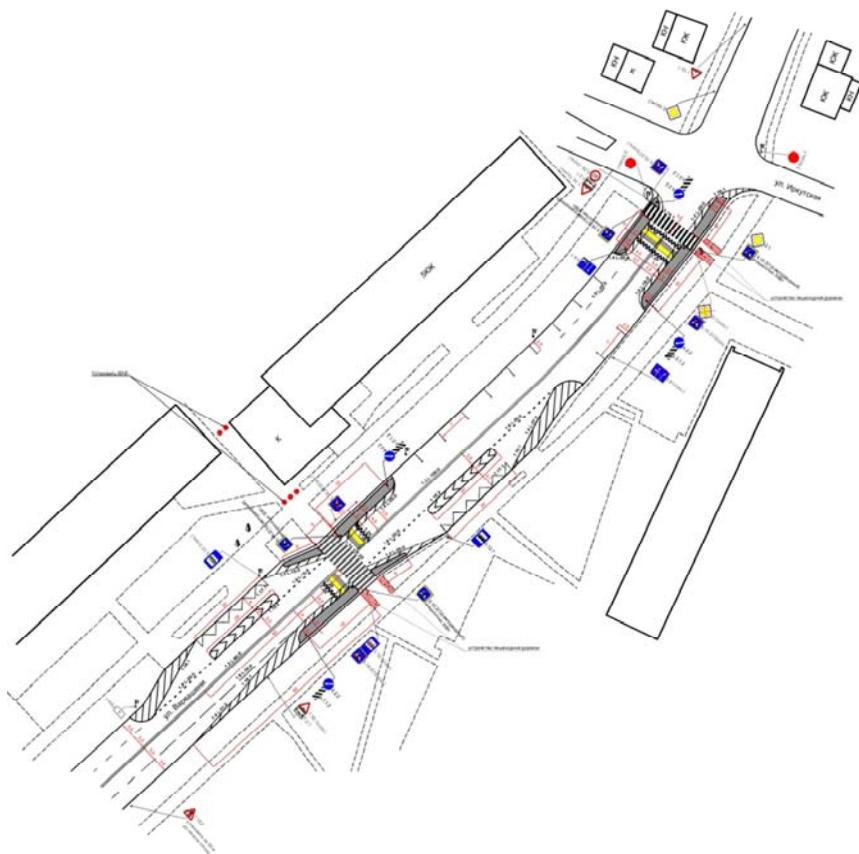


Рисунок 7 – Предлагаемая организация движения в исследуемой зоне приложения к пешеходному переходу

Необходимо отметить, что обоснование предложенных, планируемых к внедрению мероприятий осуществлялось по критерию минимизации аварийных, экологических и экономических потерь в дорожном движении. В результате внедрения мероприятий суммарные потери снизятся не менее чем на 23 %.

**ПРИМЕР РЕКОНСТРУКЦИИ НЕСТАНДАРТНОГО
НЕРЕГУЛИРУЕМОГО ПЕРЕКРЕСТКА В ОДНОМ УРОВНЕ
В КОЛЬЦЕВОЙ**

**EXAMPLE OF RECONSTRUCTION OF A NON-STANDARD
NON-REGULATED CROSSING IN ONE LEVEL IN A RING**

*Капский Д.В., Кузьменко В.Н., Мозалевский Д.В.,
Полховская А.С., Муравьева Н.С., Артюшевская Н.В.*
(Белорусский национальный технический университет)

*Kapsky D.V., Kuzmenko V.N., Mozalevsky D.V.,
Polhovskaya A.S., Muravieva N.S., Artyshenskaya N.V.*
(Belarusian National Technical University)

Аннотация. *Выполнен анализ аварийности и условий движения на нерегулируемом перекрёстке нестандартного типа. Разработаны рекомендации по совершенствованию организации движения и реконструкции узла в кольцевой перекресток.*

Abstract. *An analysis of the accident rate and traffic conditions at an unregulated junction of non-standard type is performed. Recommendations are developed to improve the organization of traffic and the reconstruction of the bridge at the roundabout.*

В условиях сложившейся застройки в городах имеют место перекрестки в одном уровне со сложной конфигурацией, на которых имеются сложные условия движения и ограничена видимость. Казалось бы, решением проблемы может быть капиталоемкое решение – устройство светофорного объекта на перекрёстке. Однако это требует значительных затрат, проведения значительных земляных работ и т.п. Нерегулируемый перекресток ул. Советская – дорога на Саковщину – дорога на Криницу расположен на северо-западе г. Воложин Минской области. Улица Советская является магистральной улицей (по ТКП 45-3.03-227-2010).

Ширина проезжей части ул. Советской со стороны А (см. рисунок 2) на подходе к перекрестку увеличивается с 12 м до 17 м и шире в зоне перекрестка. Ширина каждой полосы движения на перегоне ул. Советской составляет 6 м. Встречные потоки отделены друг от друга линиями дорожной разметки. Островки безопасности отсутствуют. Ширина проезжей части ул. Советской со стороны D на подходе к перекрестку увеличивается с 8,4 м до 14 м – по 1 полосе движения в каждом направлении и заездной карман для маршрутных транспортных средств. Ширина каждой полосы движения на перегоне ул. Советской составляет 4,2 м. Встречные потоки

отделены друг от друга линиями дорожной разметки. Островки безопасности отсутствуют. На перегоне ширина дороги на Саковщину (сторона С) составляет 7 м – по 1 полосе движения в каждом направлении шириной по 3,5 м. Перед перекрестком ширина проезжей части увеличивается до 19 м. Встречные потоки отделены друг от друга линиями дорожной разметки. Островки безопасности отсутствуют (рисунок 1).

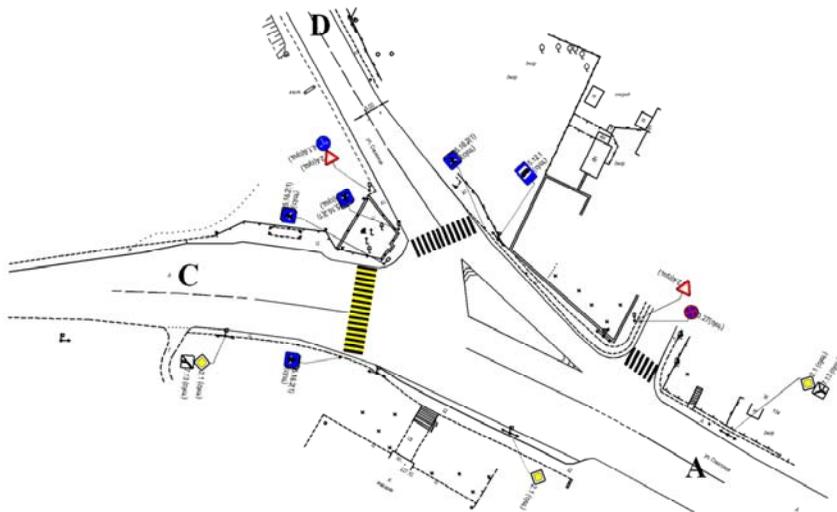


Рисунок 1 – План исследуемого перекрестка ул. Советская – дорога на Саковщину – дорога на Криницу

Пешеходный переход через ул. Советскую обозначен разметкой 1.14.1 и знаками 5.16.2(1). Пешеходный переход через дорогу на Саковщину обозначен разметкой 1.14.2 и знаками 5.16.2(1). Ширина пешеходных переходов – 4 м. Тротуары расположены у края проезжей части. Состояние тротуаров и проезжей части хорошее. ТСОДД находятся в хорошем и отличном состоянии.

Основные пешеходные потоки формируются остановочными пунктами маршрутного пассажирского транспорта, близлежащей жилой застройкой, производственной застройкой (хлебзавод, склады райпо, станция обезжелезирования воды), торговыми (рынок, магазины) и социально-бытовыми объектами.

Движение велосипедистов осуществляется по тротуарам совместно с пешеходами и по проезжей части совместно с автомобилями без разделения на зоны для движения.

Интенсивность и состав транспортных потоков определялись путем натурного эксперимента по методике Белорусского национального технического университета в рабочий день недели. Объектом исследования является нерегулируемый перекресток ул. Советская – дорога на Саковщину – дорога на Криницу. Измерения разделялись на отдельные независимые замеры по входам и по направлениям. В программном комплексе «RTF-Road traffic flows» (Свидетельство № 222 т 17.09.10г. о регистрации компьютерных программ в Национальном центре интеллектуальной собственности // Д.В. Капский, Д.В. Мозалевский, М.К. Мирошник, А.В. Коржова; В.Н. Кузьменко; А.С. Полховская; Е.Н. Костюкович) затем были обработаны исходные данные, в результате чего получены картограмма интенсивности, диаграммы состава транспортного потока и таблицы других параметров. Измерения проводились в будние дни в октябре-ноябре 2013 года. Результаты выходной информации в виде рисунков 2 и 3 фрагментарно приведены ниже.

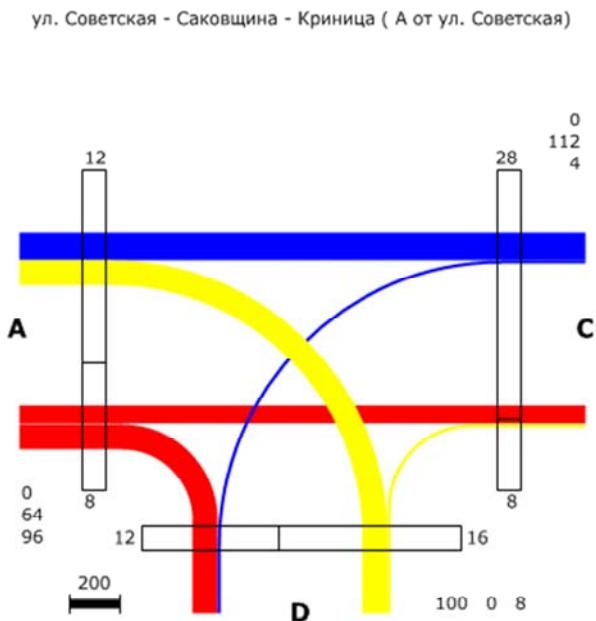


Рисунок 2 – Картограмма средней интенсивности движения (DA – ул. Советская, А – от ул. Коласа)

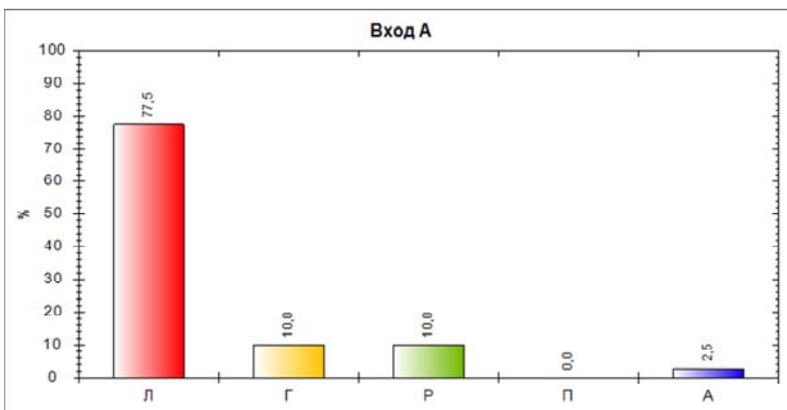


Рисунок 3 – Диаграмма состава транспортного потока на входе А

По результатам анализа исследуемой транспортно-пешеходной нагрузки были разработаны мероприятия по повышению безопасности движения. Так, для введения светофорного регулирования на данном участке улично-дорожной сети в соответствии с СТБ 1300-2007 необходимо выполнение хотя бы одного из 5 условий:

Условие 1 – в течение любых 8 ч рабочего дня недели интенсивность движения транспортных средств не менее указанной в таблице.

Количество полос движения в одном направлении		Интенсивность движения транспортных средств, ед./ч, по [4]	
по главной (более загруженная) дороге	по второстепенной (менее загруженная) дороге	по главной дороге в двух направлениях	по второстепенной дороге в одном, наиболее загруженном направлении
1	1	750	75
		670	100
		580	125
		500	150
		410	175
		380	190

Условие 2 – в течение любых 8 ч рабочего дня недели интенсивность движения не менее:

- 600 ед./ч по главной дороге в двух направлениях;
- 150 пешеходов пересекают проезжую часть в одном, наиболее загруженном направлении в каждый из тех же 8 ч.

Условие 3 – условия 1 и 2 одновременно выполняются по каждому отдельному нормативу на 80 % и более.

Условие 4 – за последние 12 мес. на перекрестке совершено не менее трех дорожно-транспортных происшествий, которые могли бы быть

предотвращены при наличии светофорной сигнализации. При этом условия 1 или 2 должны выполняться на 80 % или более;

Условие 5 – наземный пешеходный переход расположен на участке улицы с числом полос движения транспорта в обоих направлениях 6 и более.

Интенсивность движения на перекрестке составляет около 180 авт./ч по главной дороге в двух направлениях и около 100 авт./ч в одном, наиболее загруженном направлении по второстепенной дороге. На исследуемом перекрестке не выполняется ни одно из условий введения светофорного регулирования. При организации светофорного регулирования на данном пересечении возникнут сложности, связанные с геометрическими особенностями данного пересечения: расстановка и видимость сигналов светофоров, множественность траекторией движения транспортных средств и пешеходов, сложные конфликтные ситуации (выезд на встречную полосу, обгон на перекрестке). Также при введении светофорного регулирования увеличатся задержки и потери транспорта и пешеходов. Поэтому для повышения безопасности движения необходимо применение иных мероприятий по «успокоению движения». Такими мероприятиями являются устройство кольцевого пересечения с направляющими островками, выделение на проезжей части рационального количества полос для движения и их специализация по направлениям, установка пешеходных ограждений и т.д.

Кольцевые перекрестки обладают следующими преимуществами:

- снижение относительной скорости движения, что повышает безопасность движения транспорта и пешеходов и позволяет эффективно взаимодействовать между собой транспортным и пешеходным потокам;
- хорошие условия выполнения левого поворота;
- довольно высокая пропускная способность для пересечений в одном уровне;
- относительно невысокие удельные задержки транспорта;
- отсутствие необходимости в светофорном регулировании при умеренных и довольно высоких нагрузках;
- возможность поэтапного перехода пешеходами проезжей части и сокращение времени нахождения пешеходов на проезжей части при использовании направляющих островков.

При проектировании выполнена проработка вариантов схем организации дорожного движения. Схема организации дорожного движения, согласованная ГАИ Воложинского РОВД, представлена на рисунке 4.

На рисунке 5 показаны результаты по устройству кольцевого перекрестка.

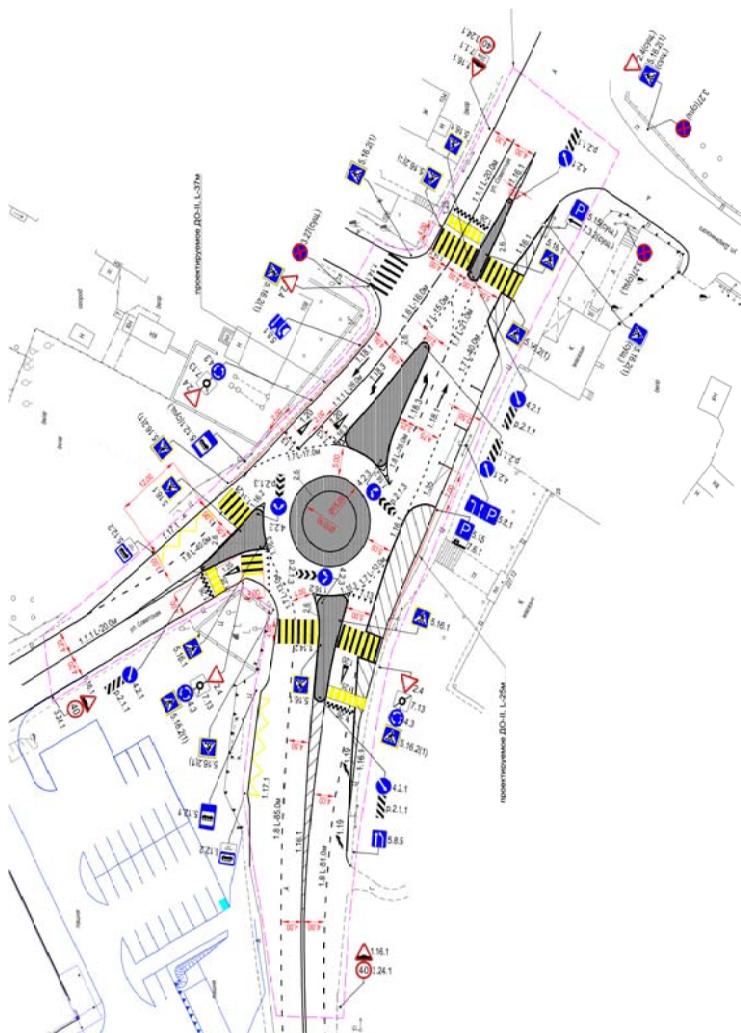


Рисунок 4 – Схема организации дорожного движения на исследуемом участке ул. Советской (согласованная с ГАИ Воложинского РОВД)



Рисунок 5 – Вид перекрестка после реконструкции в кольцевой (виды с различных входов)

Выполнены экспериментальные исследования транспортно-пешеходной нагрузки и условий движения на перекрестке ул. Советская – дорога на Саковщину – дорога на Криницу в зоне проектируемого объекта. В результате исследований получены значения средней интенсивности движения транспортных и пешеходных потоков, определены параметры состава транспортных потоков (по входам и направлениям).

В проекте разработаны мероприятия по повышению безопасности дорожного движения на перекрестке ул. Советская – дорога на Саковщину – дорога на Криницу. Выполнена проработка вариантов схем организации дорожного движения. При разработке проекта рассмотрена возможность введения на данном участке светофорного регулирования. Введение светофорного регулирования при существующих условиях движения и существующих геометрических характеристиках перекрестка нецелесообразно.

Наилучшим вариантом организации дорожного движения на перекрестке является устройство кольцевого пересечения, что позволит повысить безопасность движения транспорта и пешеходов при обеспечении

совокупного качества дорожного движения. Необходимым условием устройства кольцевого пересечения является конструктивно выделенных направляющих островков и островка безопасности. Предложенные мероприятия способствуют повышению эффективности и безопасности дорожного движения.

УДК 656

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИЯ ДВИЖЕНИЯ
НА УЛИЦЕ С «ГРЯЗНЫМ» ДВИЖЕНИЕМ
ORGANIZATION OF MOVEMENT ON THE STREET WITH
THE «DIRTY» MOVEMENT**

*Кузьменко В.Н., Мозалевский Д.В., Полховская А.С., Муравьева Н.С.,
Коржова А.В., Горелик Е.Н., Артюшевская Н.В.*
(Белорусский национальный технический университет)

*Kuzmenko V.N., Mozalevsky D.V., Polhovskaya A.S., Muraveva N.S.,
Korzhova A.V., Gorelik E.N., Artyshevskaya N.V.*
(Belarusian National Technical University)

Аннотация. *Выполнены работы по совершенствованию организации движения на участке дорожной сети магистральной улицы с нерегулируемым пешеходным переходом и местными проездами. Предложены и обоснованы организационные и планировочные решения по повышению качеств дорожного движения.*

Abstract. *Work was done to improve the organization of traffic on the road network of the main street with an unregulated pedestrian crossing and local travel. Organizational and planning decisions on improving the quality of road traffic are proposed and justified.*

В научно-исследовательском центре дорожного движения филиала БНТУ «Научно-исследовательская часть» проводятся работы по повышению качества дорожного движения как на отдельных транспортных объектах, так и на участках дорожной сети городов. Мероприятия позволяют снизить аварийные, экономические и экологические потери. Как правило, заказчиком проведения данных работ является Управление ГАИ ГУВД Мингорисполкома, совместно с которым производится мониторинг аварийно-опасных участков. Так, для исследований выбран нерегулируемый пешеходный переход через ул. Машиностроителей возле здания № 30, который расположен в Заводском районе г. Минска (рисунок 1). Улица Ма-

шиностроителей является магистральной улицей районного значения (категория Б4 по ТКП 45-3.03-227-2010).



Рисунок 1 – Исследуемый участок зоны приближения к пешеходному переходу ул. Машиностроителей, 30

Исследуемый нерегулируемый пешеходный переход ул. Машиностроительной, д. 30 расположен на перегоне улицы. В непосредственной близости от нерегулируемого пешеходного перехода, за ним по ходу движения со стороны улицы Крупской, расположен заезд на стоянку, а перед переходом – заезд на территорию здания ОАО «БЕЛНИИЛИТ» (рисунок 2).

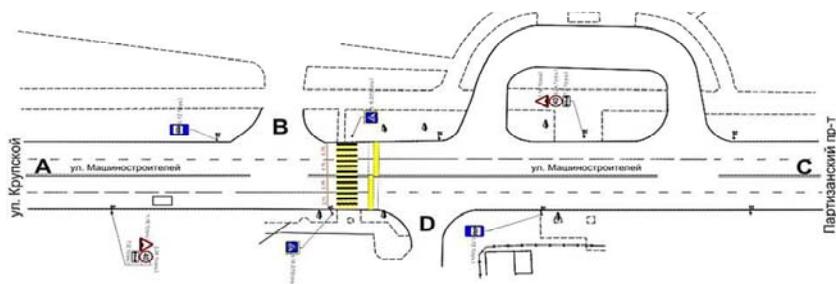


Рисунок 2 – План исследуемого пешеходного перехода ул. Машиностроителей, 30

Ширина проезжей части ул. Машиностроителей составляет 15 м – по 2 полосы движения в каждом направлении (ширина полос – 3,75 м). Встречные потоки разделены линиями сплошной дорожной разметки 1.3. Островок безопасности отсутствует. Пешеходный переход обозначен разметкой 1.14.2 и знаками 5.16.2(1) на желтом фоне. Ширина пешеходного перехода – 4 м. По ходу движения со стороны улицы Крупской, за нерегулируемым пешеходным переходом, установлена искусственная неровность, обозначенная разметкой 1.25 и 1.26. С левой и правой стороны тротуары отделены от проезжей части газоном, тротуары прилегают к проезжей части. Состояние тротуаров и проезжей части удовлетворительное. Состояние разметки 1.14.2 оценивается как неудовлетворительное, знаки находятся в хорошем состоянии.

Улица Машиностроителей наряду с Партизанским проспектом обеспечивает транспортные связи микрорайонов «Чижовка» и «Шабаны» с остальными частями города, а также обеспечивает выезд на МКАД. По ул. Машиностроителей следуют транспортные потоки из микрорайонов «Чижовка» и «Шабаны» в центральную часть г. Минска, а также на МКАД, и в обратном направлении. В окрестностях ул. Машиностроителей расположены автоцентр Volkswagen «Атлант-М», Минский автомобильный завод «МАЗ-Купава», центральный офис ООО «Оливер». Исследуемый пешеходный переход размещается вблизи остановочных пунктов МПТ «завод ЛТМАШ», центрального офиса ООО «Оливер», здания ОАО «БЕЛНИИЛИТ»,

Через исследуемый участок проходят маршруты автобусов № 70, 79, 79д, 88с, 98с, 108, 148с. Движение пешеходов и велосипедистов осуществляется совместно по тротуарам без разделения на зоны для движения. Разметка, разделяющая пешеходные и велосипедные потоки, а также знаки 4.5.1 «Велосипедная дорожка» и 4.6.1 «Пешеходная дорожка» отсутствуют, что приводит к дискомфорту совместного движения пешеходов и велосипедистов (рисунок 3).



Рисунок 3 – Объекты тяготения пешеходов исследуемого участка ул. Варшавени

Интенсивность и состав транспортных потоков определялись путем натурного эксперимента по методике Белорусского национального технического университета в рабочие дни недели. Измерения разделялись на отдельные независимые замеры по входам и по направлениям. В программном комплексе «RTF-Road traffic flows» (Свидетельство № 222 от 17.09.10 г. о регистрации компьютерных программ в Национальном центре интеллектуальной собственности // Д.В. Капский, Д.В. Мозалевский, М.К. Мирошник, А.В. Коржова; В.Н. Кузьменко; А.С. Полховская; Е.Н. Костюкович) затем были обработаны исходные данные, в результате чего получены картограммы интенсивности и неравномерности движения, диаграммы состава транспортного потока и таблицы других параметров. Измерения проводились в

будние дни в мае-июле 2013 года. Результаты выходной информации в виде рисунков фрагментарно приведены ниже.

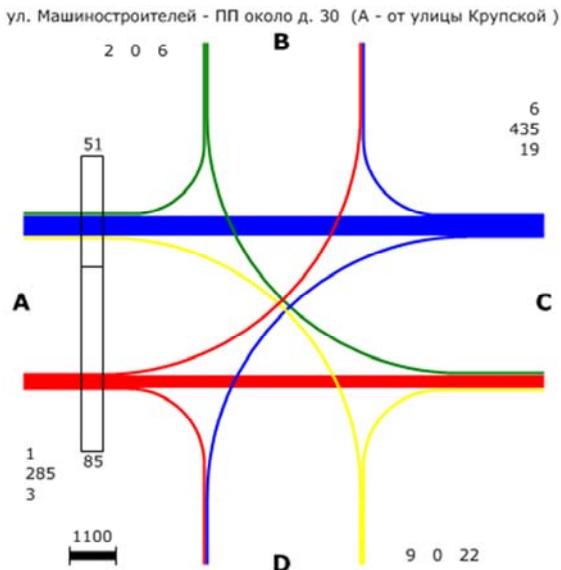


Рисунок 4 – Картограмма средней суммарной интенсивности движения

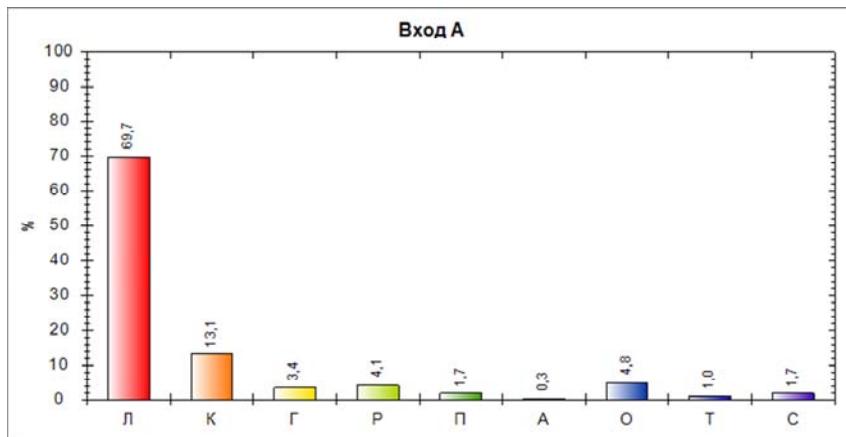


Рисунок 5 – Диаграмма состава транспортного потока на входе А

Треугольники боковой видимости определялись экспериментальным путем. В соответствии с ТКП 45-3.03-227-2010 «Улицы населенных пунктов. Строительные нормы проектирования» треугольник видимости нормативный в конфликте транспорт-пешеход при максимальной разрешенной скорости, равной 60 км/ч, принят 50 м × 10 м и равной 40 км/ч, принят 40 м × 8 м. Также оценивалась прозрачность треугольника боковой обзорности.

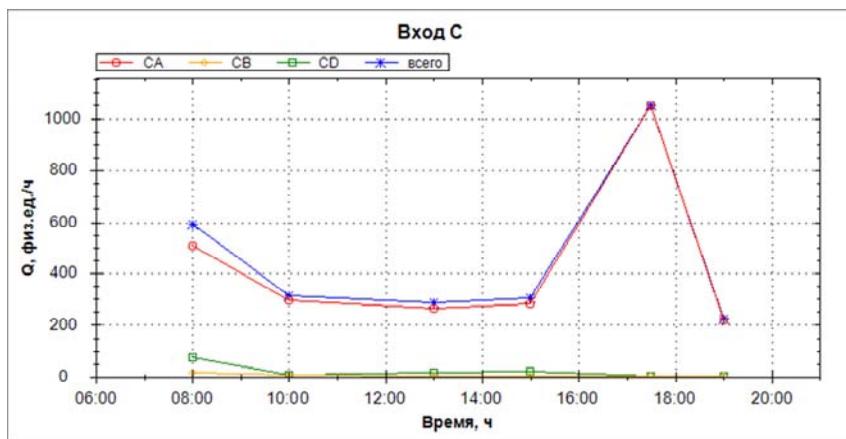


Рисунок 6 – Суточная неравномерность интенсивности движения транспорта на входе С

Прозрачность треугольника боковой видимости в конфликте транспорт-пешеход на входе С хорошая, на входе А удовлетворительная, т.к. первая полоса частично занята припаркованными автомобилями, движение осуществляется только по второй полосе. При отсутствии припаркованных автомобилей прозрачность фактического треугольника боковой видимости на входах А и С хорошая (рисунок 7).

Также проводились исследования скорости движения транспортных потоков в зоне приближения к исследуемому пешеходному переходу. Определялись параметры распределения скоростей, такие как математическое ожидание, среднее квадратическое отклонение и коэффициент вариации. По результатам расчетов построены кривые распределения скоростей. Установлено, что средняя скорость движения транспортного потока на входе А составила 36,18 км/ч (по второй полосе); на входе С – 29,95 км/ч по первой полосе и 35,82 км/ч по второй полосе.

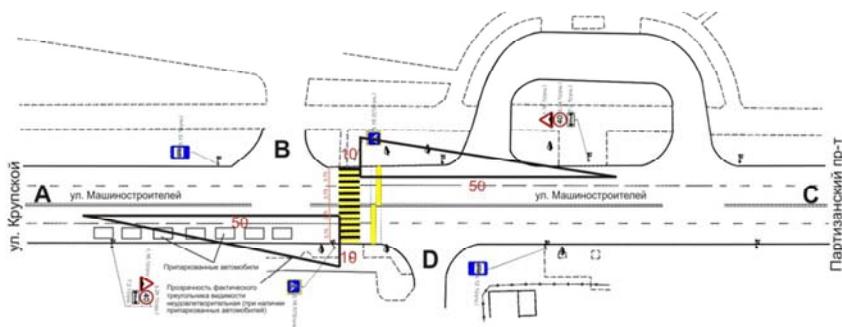


Рисунок 7 – Треугольники боковой видимости в конфликте транспорт–пешеход (Т-П)

Главными причинами повышенной аварийности на нерегулируемых пешеходных переходах являются: недостаточная видимость, особенно боковая, недостаточное обустройство перекрестка и пешеходных переходов средствами организации дорожного движения, нечеткость приоритета и др. Основными угрозами безопасности являются: наличие припаркованных автомобилей, ухудшающих прозрачность треугольника боковой видимости в конфликте транспорт-пешеход на нерегулируемом пешеходном переходе; отсутствие островка безопасности на нерегулируемом пешеходном переходе; недостаточная видимость в темное время суток; нарушение Правил дорожного движения участниками.

Для упорядочивания движения и повышения его качества на исследуемом участке разработаны мероприятия по совершенствованию организации дорожного движения, предусматривающие устройство островка безопасности, что улучшает условия движения, сокращает время «незащищенного» нахождения пешеходов на проезжей части и снижает опасность конфликтного взаимодействия транспортных и пешеходных потоков; выделение специальных мест для осуществления маневра левого поворота; обозначение остановочных пунктов маршрутного пассажирского транспорта (рисунок 8). Также проектом предусмотрено устройство искусственной неровности типа «спящий полицейский» такой конструкции, которая способствует снижению скорости движения транспортных потоков до 40 км/ч.

Необходимо отметить, что обоснование предложенных, планируемых к внедрению мероприятий осуществлялось по критерию минимизации аварийных, экологических и экономических потерь в дорожном движении. В результате внедрения мероприятий суммарные потери снизятся не менее чем на 29 %.

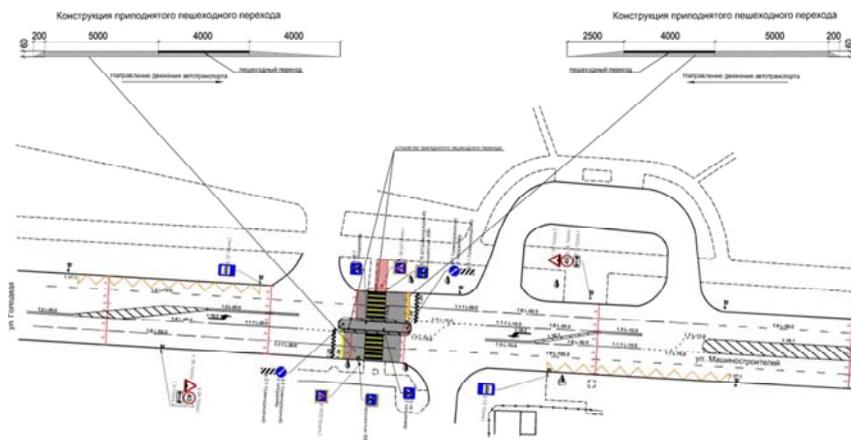


Рисунок 8 – Предлагаемая организация движения в исследуемой зоне приложения к пешеходному переходу

УДК 656.13.08

**АУДИТ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ
НА НЕРЕГУЛИРУЕМОМ ПЕШЕХОДНОМ ПЕРЕХОДЕ
ROAD TRAFFIC SAFETY AUDIT ON A NON-REGULATED
PEDESTRIAN TRANSITION**

*Кузьменко В.Н., Мозалевский Д.В., Полховская А.С., Муравьева Н.С.,
Коржова А.В., Горелик Е.Н., Артюшевская Н.В., Лукьянчук А.Д.*
(Белорусский национальный технический университет)

*Kuzmenko V.N., Mozalevsky D.V., Polhovskaya A.S., Muraveva N.S.,
Korzhova A.V., Gorelik E.N., Artyshevskaya N.V., Lukyanchuk A.D.*
(Belarusian National Technical University)

Аннотация. *Выполнены работы по совершенствованию организации движения на нерегулируемом пешеходном переходе. Предложены и обоснованы организационные и планировочные решения по повышению безопасности пешеходов.*

Abstract. *Work was done to improve the organization of traffic on an unregulated pedestrian crossing. Organizational and planning solutions to improve the safety of pedestrians are proposed and justified.*

В научно-исследовательском центре дорожного движения филиала БНТУ «Научно-исследовательская часть» проводятся работы по повышению качества дорожного движения как на отдельных транспортных объектах, так и на участках дорожной сети городов. Мероприятия позволяют снизить аварийные, экономические и экологические потери. Как правило, заказчиком проведения данных работ является Управление ГАИ ГУВД Мингорисполкома, совместно с которым производится мониторинг аварийно-опасных участков.

Исследуемый пешеходный переход через ул. Я. Лучины возле дома № 36 расположен в Ленинском районе г. Минска. Улица Я. Лучины является магистральной улицей районного значения (категория Б4 по ТКП 45-3.03-227-2010) (рисунок 1).

Исследуемый нерегулируемый пешеходный переход ул. Я. Лучины, д. 36 расположен на перегоне улицы с четырьмя полосами движения, непосредственно перед пешеходным переходом со стороны Игуменского тракта расположен выезд из жилой застройки. Ширина проезжей части ул. Я. Лучины составляет 15 м – по 2 полосы движения в каждом направлении (ширина первых полос – 4 м, вторых – 3,5 м). Встречные потоки разделены линиями сплошной дорожной разметки 1.3. Островок безопасности отсутствует. Пешеходный переход обозначен разметкой 1.14.1 и знаками 5.16.2(1) на желтом фоне. Ширина пешеходного перехода – 4 м.

Улица Я. Лучины наряду с Игуменским трактом и ул. Чижевских обеспечивает транспортные связи микрорайонов «Лошица-1» и «Лошица-2» с остальными частями города, а также обеспечивает выезд на МКАД. По ул. Я. Лучины следуют транспортные потоки из микрорайонов «Лошица-1» и «Лошица-2» в центральную часть г. Минска, а также на МКАД, и в обратном направлении.

В окрестностях ул. Я. Лучины расположены районы жилой застройки (микрорайоны «Лошица-1», «Лошица-2», в т.ч. и «Лошица-9»); учебные и дошкольные заведения (детские сады №№ 84, 182, 316, гимназия № 40); социально-бытовые объекты (ЖЭС, служба быта, магазины); поликлиника № 37. Исследуемый пешеходный переход размещается между двумя соседними остановочными пунктами МПТ («Ул. Я. Лучины» и «Гимназия № 40»), непосредственно возле которых имеются регулируемые пешеходные переходы. В связи с этим исследуемый нерегулируемый пешеходный переход в течение всего дня слабо загружен, в вечернее время жильцы микрорайона пользуются переходом для выгула собак на пустыре. Движение пешеходов и велосипедистов осуществляется совместно по тротуарам без разделения на зоны для движения. Разметка, разделяющая пешеходные и велосипедные потоки, а также знаки 4.5.1 «Велосипедная дорож-

ка» и 4.6.1 «Пешеходная дорожка» отсутствуют, что приводит к дискомфорту совместного движения пешеходов и велосипедистов.



Рисунок 1 – Исследуемый пешеходный переход по ул. Я. Лучины, 36

Выполнены также исследования интенсивности и состав транспортных потоков, которые определялись путем натурального эксперимента по методике Белорусского национального технического университета в рабочие дни недели. Измерения разделялись на отдельные независимые замеры по входам и по направлениям. В программном комплексе «RTF-Road traffic

flows» (Свидетельство № 222 от 17.09.10г. о регистрации компьютерных программ в Национальном центре интеллектуальной собственности // Д.В. Капский, Д.В. Мозалевский, М.К. Мирошник, А.В. Коржова; В.Н. Кузьменко; А.С. Полховская; Е.Н. Костюкович) затем были обработаны исходные данные, в результате чего получены картограммы интенсивности и неравномерности движения, диаграммы состава транспортного потока и таблицы других параметров. Измерения проводились в будние дни в ноябре 2013 года. Результаты выходной информации в виде рисунков фрагментарно приведены ниже.

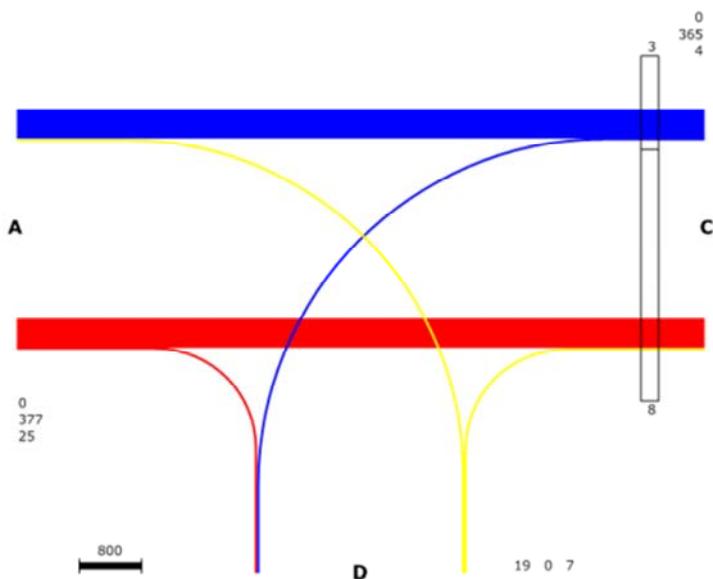


Рисунок 2 – Картограмма средней суммарной интенсивности движения (А – от Игуменского тр-та)

Экспериментальным путем определялись треугольники боковой видимости и прозрачность треугольников боковой видимости. Прозрачность треугольников боковой видимости в конфликте транспорт-пешеход на входе С удовлетворительная, т.к. первая полоса частично занята припаркованными автомобилями, движение осуществляется только по второй полосе. При отсутствии припаркованных автомобилей прозрачность фактического треугольника боковой видимости хорошая. На входе А вдоль проезжей части расположена стоянка, припаркованных на проезжей части автомобилей нет, прозрачность треугольника боковой видимости хорошая.

Сразу за пешеходным переходом первая полоса занята припаркованными автомобилями, поэтому движение со входа А также осуществляется по второй полосе (рисунок 4).

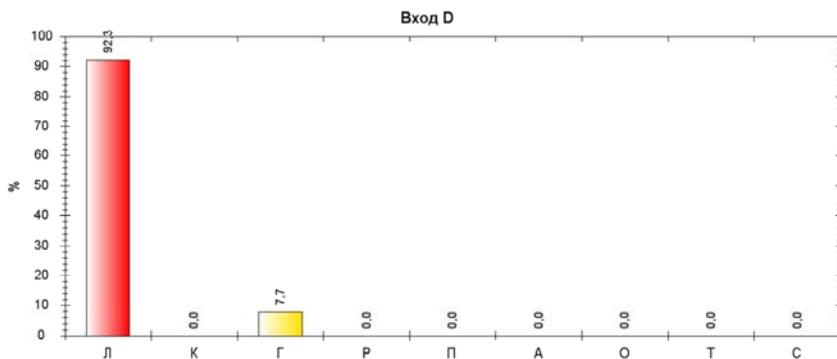


Рисунок 3 – Диаграмма состава транспортного потока на входе D

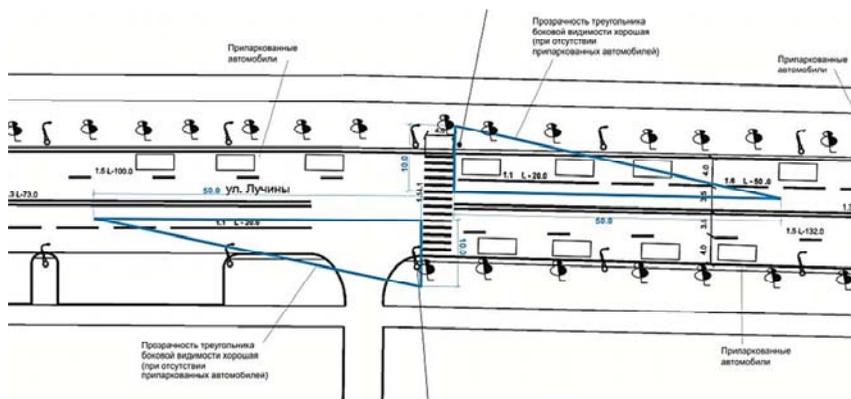


Рисунок 4 – Треугольники боковой видимости в конфликте транспорт–пешеход (Т-П)

Проведены исследования скорости движения, по результатам которых построены кривые распределения скоростей (рисунок 5, фрагмент).

Для повышения безопасности движения пешеходов разработаны мероприятия, предусматривающие устройство искусственной неровности типа «спящий полицейский» – приподнятого пешеходного перехода, а также островка безопасности (рисунок 6). Устройство островка безопасности

позволит также организовать место для поворота налево одного автомобиля (заезда в местный проезд) без помехи транзитному (прямолинейному) движению.

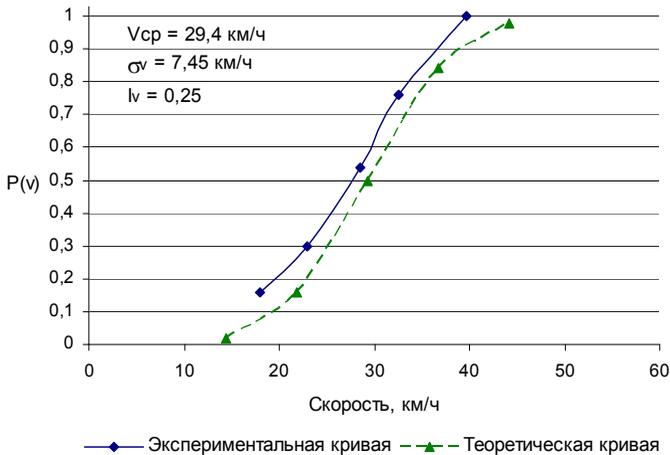


Рисунок 5 – Кумулятивные кривые распределения скоростей движения на подходе к исследуемому пешеходному переходу (вход А)

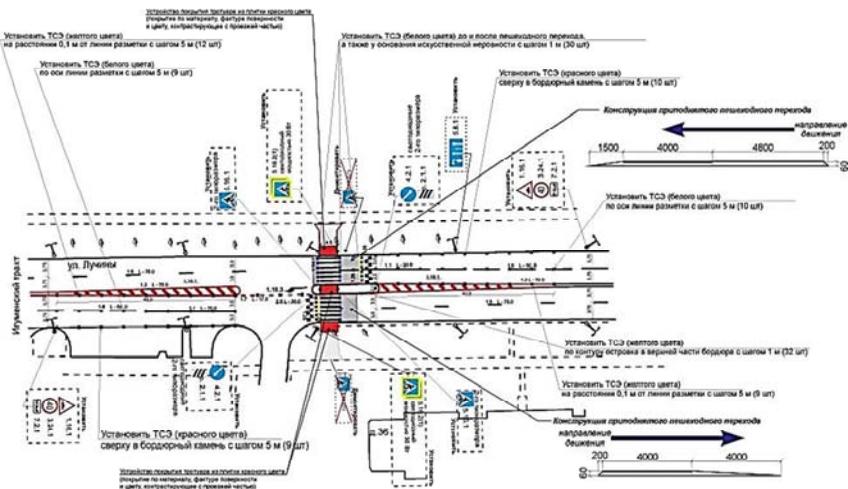


Рисунок 6 – Предлагаемая организация движения в исследуемой зоне приложения к пешеходному переходу

**ПРИМЕНЕНИЕ КОЛЬЦЕВЫХ ПЕРЕКРЕСТКОВ
РАЗЛИЧНОГО РАДИУСА НА МАГИСТРАЛЬНОЙ СЕТИ
КРУПНЕЙШЕГО ГОРОДА**

**APPLICATION OF RINGS OF VARIOUS RADIUS CROSSROADS
ON THE MAIN NETWORK OF THE LARGEST CITY**

Кузьменко В.Н., Мозалевский Д.В., Полховская А.С., Муравьева Н.С.
(Белорусский национальный технический университет)

Kuzmenko V.N., Mozalevsky D.V., Polhovskaya A.S., Muraveva N.S.
(Belarusian National Technical University)

Аннотация. *Выполнены работы по разработке проектного решения по совершенствованию организации движения на участке дорожной сети, включающей пересечения магистральных улиц, нерегулируемый пешеходный переход и местные проезды. Предложены и обоснованы организационные и планировочные (реконструкция узла в кольцевой перекресток с центральным островком среднего радиуса) решения по повышению качества дорожного движения.*

Abstract. *Work was done to develop a design solution for improving the organization of traffic on the road network segment, including intersections of main streets, unregulated pedestrian crossing and local roads. Organizational and planning (reconstruction of a node in a ring intersection with a central medium-radius island) solutions for improving the quality of road traffic are proposed and justified.*

В научно-исследовательском центре дорожного движения филиала БНТУ «Научно-исследовательская часть» проводятся работы по повышению качества дорожного движения как на отдельных транспортных объектах, так и на участках дорожной сети городов. Мероприятия позволяют снизить аварийные, экономические и экологические потери. Как правило, заказчиком проведения данных работ является Управление ГАИ ГУВД Мингорисполкома, совместно с которым производится мониторинг аварийно-опасных участков. Так, для исследований выбран участок, на котором расположен нерегулируемый пешеходный переход через ул. Я. Лучины возле дома № 16 в Ленинском районе г. Минска. Улица Я. Лучины является магистральной улицей районного значения (категория Б4 по ТКП 45-3.03-227-2010) (рисунок 1).

Исследуемый нерегулируемый пешеходный переход ул. Я. Лучины, д. 16 расположен на перегоне улицы с четырьмя полосами движения и заездным карманом для пассажирского транспорта. В непосредственной

близости от нерегулируемого пешеходного перехода, за ним по ходу движения со стороны Игуменского тракта, расположены выезд из жилой застройки и примыкает магистральная улица (Игуменский тракт).



Рисунок 1 – Исследуемый участок зоны приближения к пешеходному переходу ул. Я. Лучины, 16

Улица Я. Лучины наряду с Игуменским трактом обеспечивает транспортные связи микрорайонов «Лошица-1» и «Лошица-2» с остальными ча-

стями города, а также обеспечивает выезд на МКАД. По ул. Я. Лучины следуют транспортные потоки из микрорайонов «Лошица-1» и «Лошица-2» в центральную часть г. Минска, а также на МКАД, и в обратном направлении. В окрестностях ул. Я. Лучины расположены районы жилой застройки (микрорайоны «Лошица-1», «Лошица-2», в т.ч. и «Лошица-9»); учебные и дошкольные заведения (детские сады №№ 84, 182, 316, гимназия № 40, средняя школа № 130); социально-бытовые объекты (ЖЭС, служба быта, магазины и торговый центр «ГИППО», аптеки); поликлиника № 37.

Выполнены также исследования интенсивности и состав транспортных потоков, которые определялись путем натурального эксперимента по методике Белорусского национального технического университета в рабочие дни недели. Измерения разделялись на отдельные независимые замеры по входам и по направлениям. В программном комплексе «RTF-Road traffic flows» (Свидетельство № 222 от 17.09.10 г. о регистрации компьютерных программ в Национальном центре интеллектуальной собственности // Д.В. Капский, Д.В. Мозалевский, М.К. Мирошник, А.В. Коржова; В.Н. Кузьменко; А.С. Полховская; Е.Н. Костюкович) затем были обработаны исходные данные, в результате чего получены картограммы интенсивности и неравномерности движения, диаграммы состава транспортного потока и таблицы других параметров. Измерения проводились в будние дни в ноябре 2013 года. Результаты выходной информации в виде рисунков фрагментарно приведены ниже.

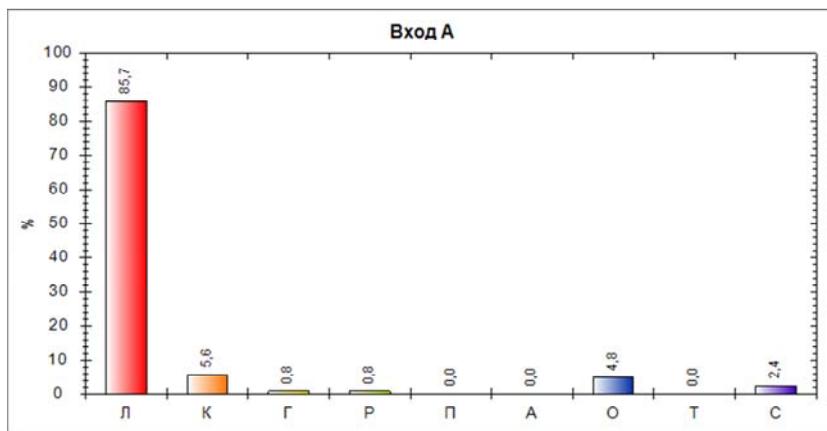


Рисунок 2 – Диаграмма состава транспортного потока на входе А

Также определялись треугольники боковой видимости и прозрачность треугольников боковой видимости в конфликте транспорт-пешеход: на

входах А и С удовлетворительная, т.к. первая полоса частично занята припаркованными автомобилями, движение осуществляется только по второй полосе. При отсутствии припаркованных автомобилей прозрачность фактического треугольника боковой видимости хорошая.

Исследования скорости движения установлено, что средняя скорость движения транспортного потока на входе А составила 42,7 км/ч по второй полосе. Средняя скорость движения транспортного потока на входе С составила 33,5 км/ч по второй полосе.

По данным, предоставленным УГАИ ГУВД Мингорисполкома, был выполнен анализ аварийности по отчетным авариям, совершенным на ул. Я. Лучины. Результаты топографического анализа представлены на рисунок 3. Наезды на пешеходов составляют 50 % от общего числа ДТП с пострадавшими. В таблице 1 представлены данные об авариях на исследуемом участке улицы.

Таблица 1 – Спецификация ДТП на ул. Лучины (2004–2011 гг.)

№ ДТП	Дата	День недели	Время суток	Категория ДТП	Вид ДТП	Ранено, чел.	Погибло, чел.
1	21.01.2004	3	18	3	3	1	
2	07.02.2004	6	17	1	1	1	
3	12.04.2004	1	23	2	2	4	
4	20.06.2004	7	08	3	2	2	
5	23.12.2004	4	13	1	1	1	
6	26.02.2005	6	14	1	1	1	
7	23.06.2006	5	23	1	1	1	
8	18.07.2006	2	11	1	1	1	
9	26.12.2006	2	21	1	1	1	
10	23.05.2007	3	13	1	1	1	
11	23.09.2007	7	23	2	2		2
12	01.10.2007	1	19	3	2	2	
13	13.01.2008	7	20	3	2	3	
14	11.04.2008	5	20	1	1	1	
15	21.07.2008	1	18	3	6	1	
16	28.02.2009	6	20	1	1	1	
17	06.08.2010	5	07	1	1	1	
18	10.09.2011	6	03	2	2	1	
19	20.10.2011	4	19	3	2	2	
20	03.12.2011	6	11	3	2	1	

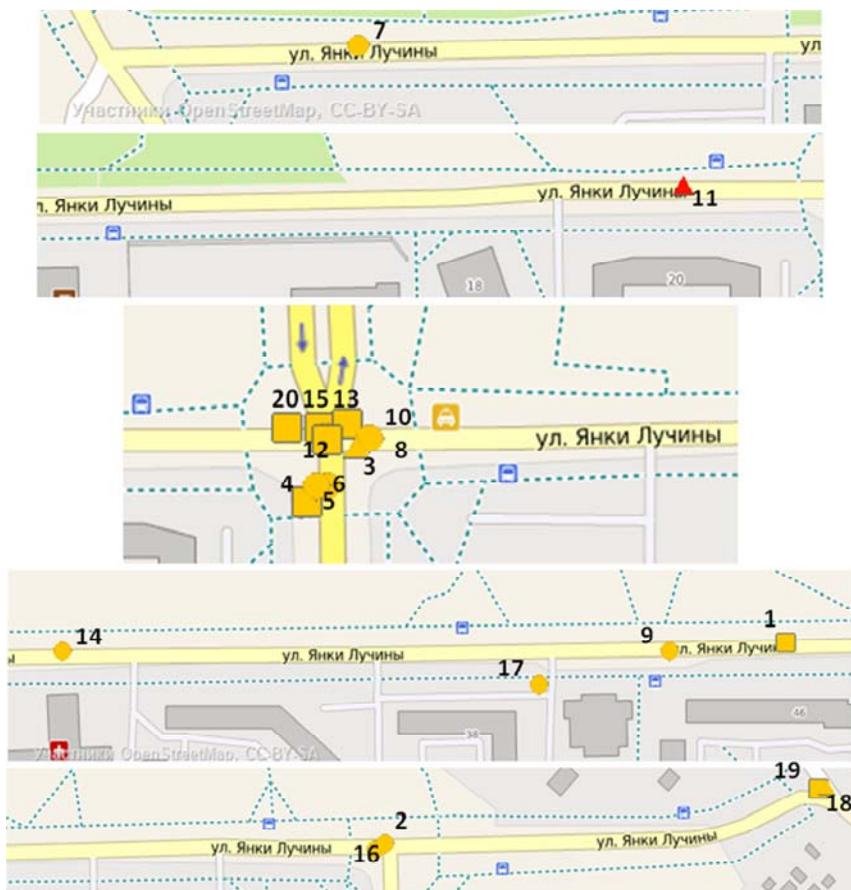


Рисунок 3 – Топографический анализ аварийности на ул. Я. Лучины

На ул. Я. Лучины за 8 лет произошло 20 аварий с пострадавшими, в которых ранено 27 и погибло 2 человека. Наибольшее число аварий в течение исследуемого периода произошло в 2004 г. ДТП достаточно равномерно распределены по месяцам года. Наибольшее количество ДТП с пострадавшими произошло в декабре и феврале. В зимний период наблюдается наибольшее число аварий, соответственно и количество пострадавших наибольшее. В остальное время года ДТП распределены достаточно равномерно. Единственное ДТП со смертельным исходом (2 погибших) произошло осенью. На протяжении недели ДТП распределены почти равномерно. Наиболее аварийным днем недели (по числу аварий) является суббота. Наибольшее количе-

ство аварий произошло во второй половине дня. Можно выделить пик аварийности, который приходится на время с 17.00 до 21.00. В этот промежуток времени попадает вечерний пик интенсивности движения транспорта, ухудшается видимость. Также большое количество аварий приходится на период с 23.00 до 24.00 (3 ДТП, в т.ч. и со смертельным исходом).

Из рисунка 4 и таблицы 2 видно, что для исследуемого объекта характерны разные виды аварий, причем 50 % составляют аварии с наездом на пешехода. Тяжесть таких аварий неоспорима, поскольку в этих происшествиях участвуют слабо защищенные участники дорожного движения – пешеходы, которые обычно получают ранения или погибают. Значительную долю ДТП на ул. Я. Лучины составляют столкновения на пересечении – 25 %. ДТП со смертельным исходом произошло в результате наезда на препятствие.

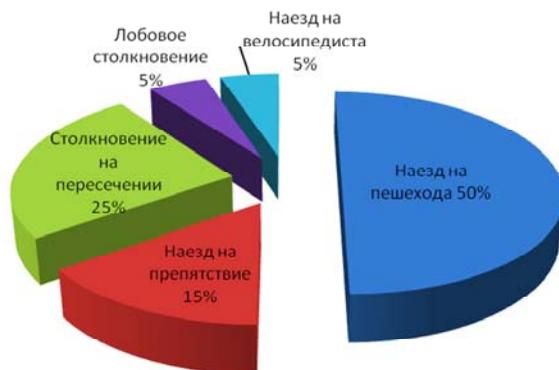


Рисунок 4 – Распределение аварий по видам ДТП

Таблица 2 – Распределение аварий по видам и категориям

Вид/категория ДТП	Число ДТП с пострадавшими		
	Всего	с ранеными (ранено, чел.)	с погибшими (погибло, чел.)
Наезд на пешехода	10	10 (10)	0 (0)
Наезд на препятствие	3	2 (5)	1 (2)
Столкновение на пересечении	5	5 (10)	0 (0)
Лобовое столкновение	1	1 (1)	0 (0)
Наезд на велосипедиста	1	1 (1)	0 (0)
Итого	20	19 (27)	1 (2)

Для упорядочивания движения и повышения его качества на исследуемом участке разработаны мероприятия по совершенствованию организации дорожного движения, предусматривающие устройство кольцевого перекрестка с организацией островков безопасности на входах, выделение за счет сужения полос на входах и выходах (конструктивно или с помощью разметки) полос для организации уличной стоянки автомобилей на первой полосе движения; обозначение остановочных пунктов маршрутного пассажирского транспорта и др. (рисунок 5). Обоснование предложенных, планируемых к внедрению мероприятий осуществлялось по критерию минимизации аварийных, экологических и экономических потерь в дорожном движении. В результате внедрения мероприятий суммарные потери снизятся не менее чем на 24 %.

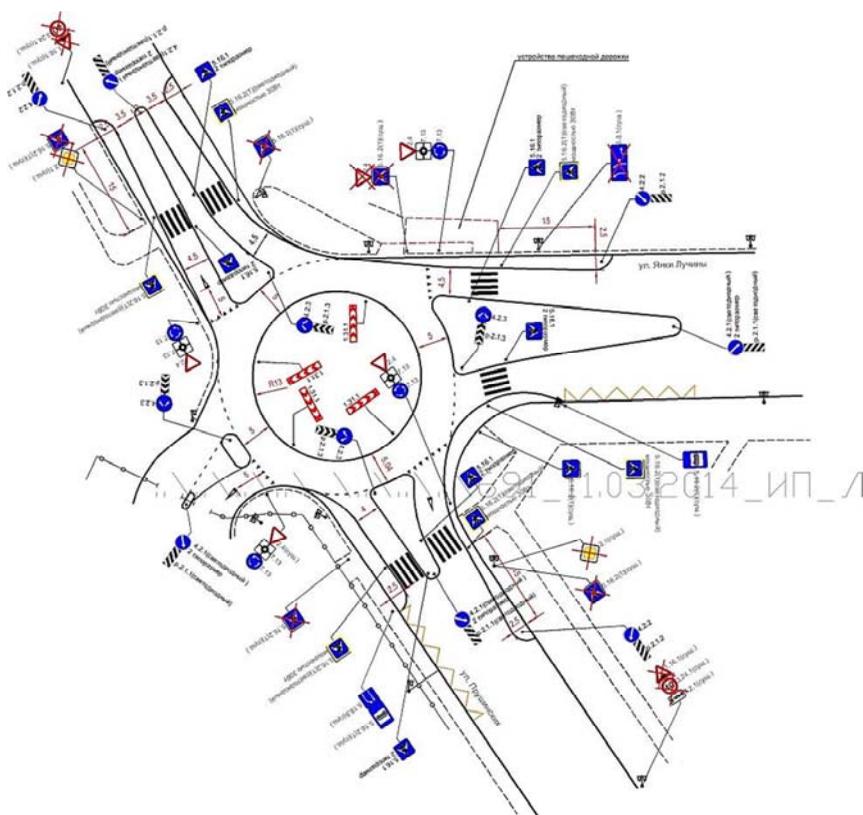


Рисунок 5 – Предлагаемая организация движения в исследуемой зоне приложения к пешеходному переходу

УДК 656

**СДЕРЖИВАНИЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНОГО
ПОТОКА НА НЕРЕГУЛИРУЕМОМ ПЕШЕХОДНОМ ПЕРЕХОДЕ
CONTAINMENT SPEED TRAFFIC FLOWS ON UNREGULATED
PEDESTRIAN CROSSING**

Кузьменко В.Н., Мозалевский Д.В., Полховская А.С., Муравьева Н.С.
(Белорусский национальный технический университет)

Kuzmenko V.N., Mozalevsky D.V., Polhovskaya A.S., Muraveva N.S.
(Belarusian National Technical University)

Аннотация. *Выполнены работы по совершенствованию организации движения в зоне нерегулируемого пешеходного перехода. Предложены и обоснованы организационные и планировочные решения по улучшению условий видимости.*

Abstract. *Work was done to improve the organization of traffic in the unregulated pedestrian crossing zone. Organizational and planning decisions on improving visibility conditions were proposed and justified.*

В научно-исследовательском центре дорожного движения филиала БНТУ «Научно-исследовательская часть» проводятся работы по повышению качества дорожного движения как на отдельных транспортных объектах, так и на участках дорожной сети городов. Мероприятия позволяют снизить аварийные, экономические и экологические потери. Как правило, заказчиком проведения данных работ является Управление ГАИ ГУВД Мингорисполкома, совместно с которым производится мониторинг аварийно-опасных участков. Так, для исследований выбран нерегулируемый пешеходный переход через ул. Прушинских возле дома № 32 расположены в Ленинском районе г. Минска. Улица Прушинских является магистральной улицей районного значения (категория Б4 по ТКП 45-3.03-227-2010).

Исследуемые нерегулируемые пешеходные переходы ул. Прушинских, д. 32 расположены на перегоне улицы с четырьмя полосами движения, между пешеходными переходами расположен выезд из гаражей. Ширина проезжей части ул. Прушинских составляет 14,6 м – по 2 полосы движения в каждом направлении (ширина полос – 3,65 м). Встречные потоки разделены линиями сплошной дорожной разметки 1.3. Островки безопасности отсутствуют (рисунк 1).

Пешеходные переходы обозначены разметкой 1.14.1 и знаками 5.16.2(1). Ширина пешеходных переходов – 4 м. Тротуары отделены от проезжей части газоном. Состояние тротуаров и проезжей части хорошее.

ТСОДД находятся в хорошем состоянии. Улица Прушинских переходит в ул. Владислава Сырокомли и наряду с ул. Я. Лучины и Игуменским трактом обеспечивает транспортные связи микрорайонов «Лошица-1», «Лошица-2», «Лошица-3», «Лошица-4» с остальными частями города, а также обеспечивает выезд на МКАД. По ул. Прушинских следуют транспортные потоки из микрорайонов «Лошица-1» и «Лошица-2» в центральную часть г. Минска, а также на МКАД, и в обратном направлении.

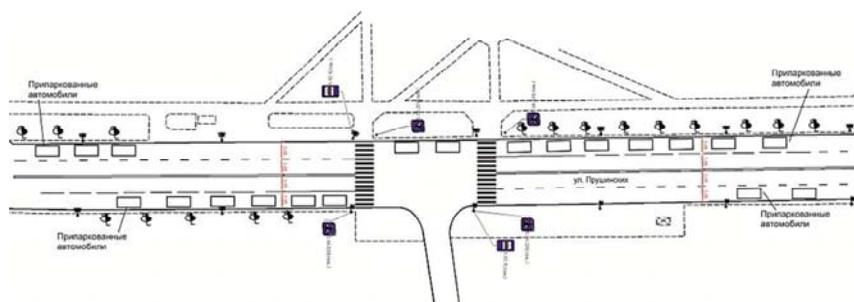


Рисунок 1 – План исследуемых переходов ул. Прушинских, д. 32

В окрестностях ул. Прушинских расположены районы жилой застройки (микрорайоны «Лошица-1», «Лошица-2»); учебные и дошкольные заведения (детский сад № 84, 182, 316, гимназия № 40); социально-бытовые объекты (ЖЭС, служба быта, магазины).

Движение пешеходов и велосипедистов осуществляется совместно по тротуарам без разделения на зоны для движения. Разметка, разделяющая пешеходные и велосипедные потоки, а также знаки 4.5.1 «Велосипедная дорожка» и 4.6.1 «Пешеходная дорожка» отсутствуют, что приводит к дискомфорту совместного движения пешеходов и велосипедистов.

Интенсивность и состав транспортных потоков определялись путем натурального эксперимента по методике Белорусского национального технического университета в рабочие дни недели. Измерения разделялись на отдельные независимые замеры по входам и по направлениям. В программном комплексе «RTF-Road traffic flows» (Свидетельство № 222 от 17.09.10 г. о регистрации компьютерных программ в Национальном центре интеллектуальной собственности // Д.В. Капский, Д.В. Мозалевский, М.К. Мирошник, А.В. Коржова; В.Н. Кузьменко; А.С. Полховская; Е.Н. Костюкович) затем были обработаны исходные данные, в результате чего получены картограммы интенсивности и неравномерности движения, диаграммы состава транспортного потока и таблицы других параметров. Из-

мерения проводились в будние дни в октябре 2013 года. Результаты выходящей информации в виде рисунков фрагментарно приведены ниже.

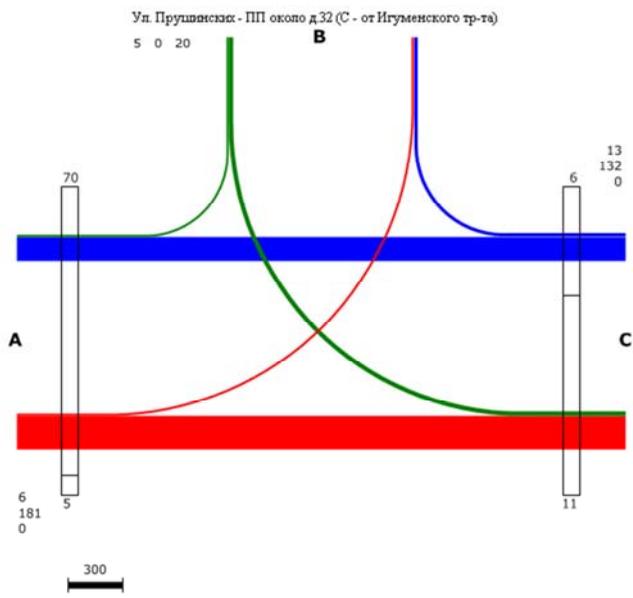


Рисунок 2 – Картограмма средней суммарной интенсивности движения

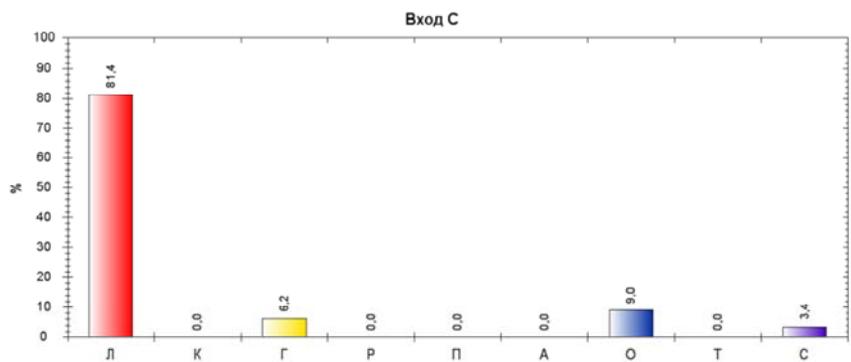


Рисунок 3 – Диаграмма состава транспортного потока на входе С

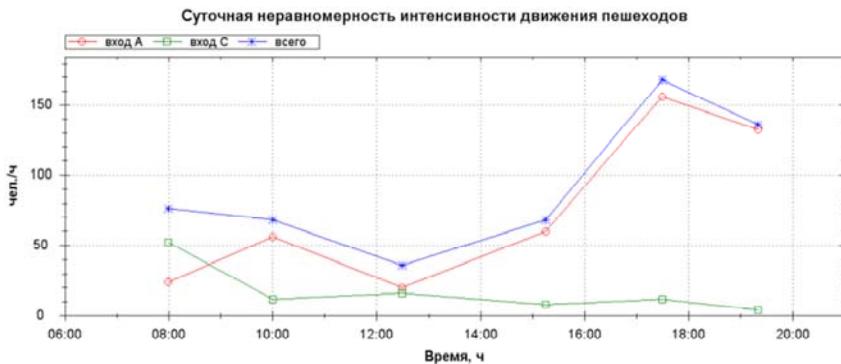


Рисунок 4 – Суточная неравномерность интенсивности движения пешеходов

Вдоль всей проезжей части крайние правые полосы используются для стоянки транспортных средств. Поэтому движение осуществляется только по вторым полосам (рисунок 5).



Рисунок 5 – Исследуемый нерегулируемый пешеходный переход (вид со входов)

Треугольники боковой видимости определялись экспериментальным путем. Прозрачность треугольников боковой видимости в конфликте транспорт-пешеход в утреннее и дневное время удовлетворительная, т.к. первая полоса в обоих направлениях частично занята припаркованными автомобилями, движение осуществляется только по второй полосе. В вечернее время первые полосы в обоих направлениях полностью заняты припаркованными автомобилями, а со входа А – даже между пешеходными переходами, что значительно ухудшает видимость второго перехода со стороны входа А. При отсутствии припаркованных автомобилей прозрачность фактического треугольника боковой видимости хорошая (рисунок 6).

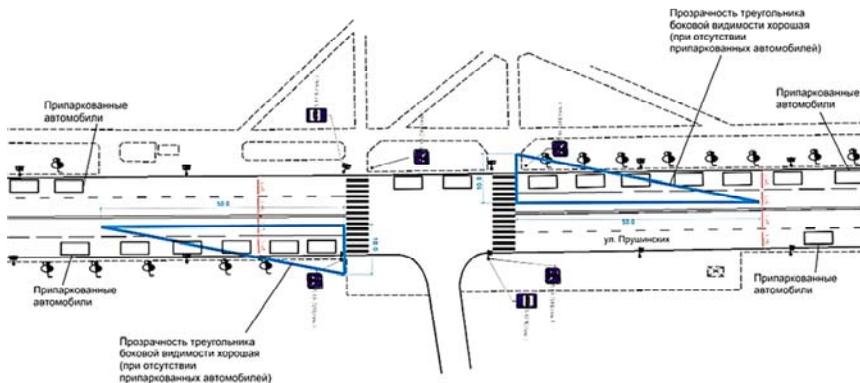


Рисунок 6 – Треугольники боковой видимости в конфликте транспорт–пешеход

Также проводились исследования скорости движения транспортных потоков в зоне приближения к исследуемому пешеходному переходу проводились по методике БНТУ. Определялись параметры распределения скоростей, такие как математическое ожидание, среднее квадратическое отклонение и коэффициент вариации. По результатам расчетов построены кривые распределения скоростей (рисунки 7 и 8). Следует отметить, что замеры скорости движения по первой полосе входа А и С не выполнялись, поскольку правая полоса в обоих направлениях занята припаркованными автомобилями.

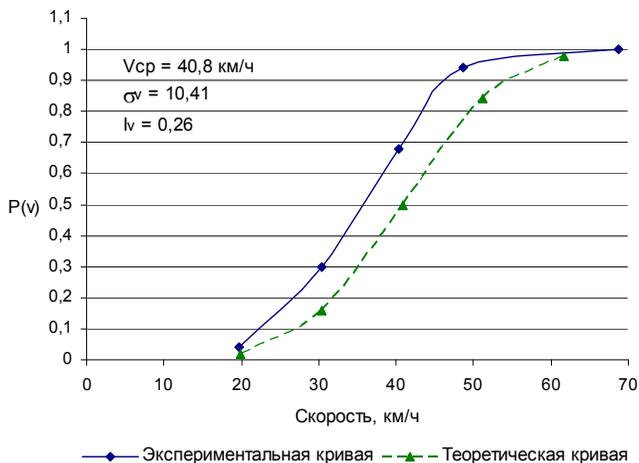


Рисунок 7 – Кумулятивные кривые распределения скоростей движения на подходе к исследуемому пешеходному переходу (вход А)

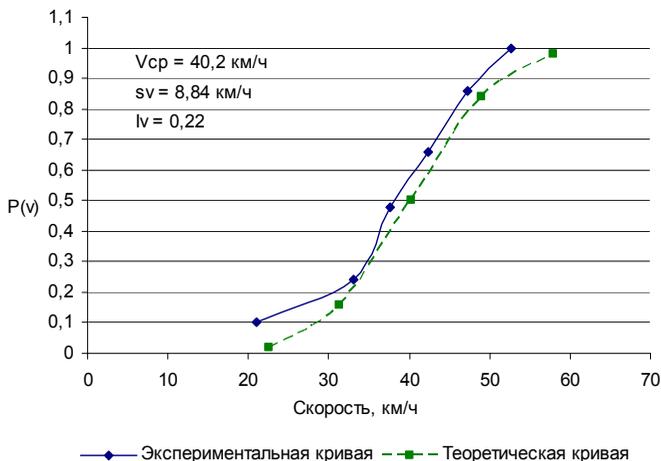


Рисунок 8 – Кумулятивные кривые распределения скоростей движения на подходе к исследуемому пешеходному переходу (вход С)

Для упорядочивания движения и повышения безопасности движения пешеходов на исследуемом участке разработаны мероприятия по совершенствованию организации дорожного движения, предусматривающие устройство сужений проезжей части в зоне пешеходных переходов, что улучшает условия видимости и снижает опасность конфликтного взаимодействия транспортных и пешеходных потоков (рисунок 8). Оценка эффективности предложенных мероприятий осуществлялась по критерию минимизации аварийных, экологических и экономических потерь в дорожном движении.

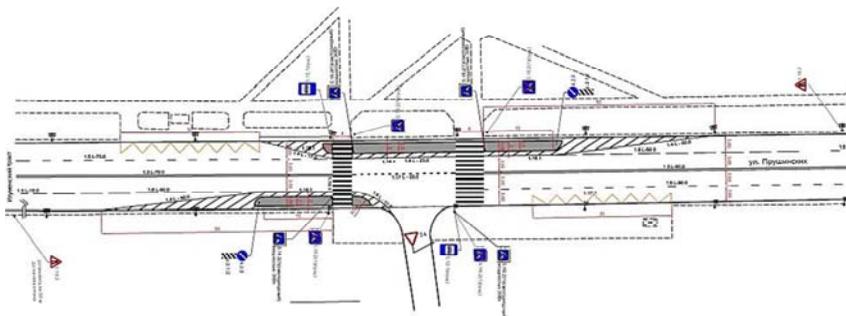


Рисунок 8 – Предлагаемая организация движения в исследуемой зоне приложения к пешеходному переходу

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ
НА МНОГОУРОВНЕВОМ ПАРКИНГЕ
DESIGNING A MOVEMENT ORGANIZATION SYSTEM
IN A MULTI-LEVEL PARKING**

Кузьменко В.Н., Мозалевский Д.В., Полховская А.С., Муравьева Н.С.
(Белорусский национальный технический университет)

Kuzmenko V.N., Mozalevsky D.V., Polhovskaya A.S., Muraveva N.S.
(Belarusian National Technical University)

Аннотация. *Выполнена разработка технологии управления движением на паркинге при различных этапах движения и осуществлении технологических действий пользователями паркинга. Разработаны решения по управлению движением на паркинге и при выезде (заезде) из него.*

Abstract. *The development of traffic management technology for parking at various stages of traffic and implementation of technological actions by users of parking has been completed. Developed solutions for traffic management in the parking and when leaving (arrivals) from it.*

Предусмотрен отдельный въезд/выезд в подземный гараж-стоянку. Въезд и выезд оборудованы шлагбаумами. Въездной шлагбаум установлен перед заездом в подземный гараж-стоянку снаружи здания. Выездной шлагбаум установлен на первом уровне подземного гаража-стоянки (отметка «-4,500») (рисунок 1).

Проезды внутри гаража-стоянки выполнены шириной не менее 6 метров и организовано двухстороннее движение по ним.

Парковки автомобилей выполнены под углом 90 градусов к направлению движения автомобилей на проездах. Предусмотрены парковочные места для лиц с ограниченными возможностями и места для гостевой парковки, которые расположены рядом с блоком «лестничная клетка-лифтовой холл».

Расположение внутренних рампы для движения между уровнями выполнено на дальней стороне подземного гаража-стоянки.

Маршрутное ориентирование в подземном гараже-стоянке выполнено с обозначением направления движения по полосам, въездов и выездов, парковочных мест для лиц с ограниченными возможностями и гостевой парковки с помощью вертикальной и горизонтальной дорожной разметки и соответствующих дорожных знаков.

Подземный гараж-стоянка оборудован электронной системой навигации и контроля для гостевой парковки свободных и занятых машино-мест в режиме реального времени. Электронная система навигации оснащена

светодиодными табло, световыми индикаторами и сигналами. Система контроля и управлением доступом оснащена переговорными устройствами, а также сигнальными устройствами. Система контроля и управления доступом в подземный гараж-стоянку основана на RFID-технологии, предусматривающей автоматическое определение наличия свободных машино-мест, размещение автоматических устройств выдачи талонов о времени заезда, постов оплаты за парковку при выезде (стойки въезда-выезда), установку автоматических табло о наличии свободных мест на гостевой парковке при въезде в подземный гараж-стоянку.



Рисунок 1 – План на отметке «-4,500»

Зоны въезда/выезда оснащены автоматическими шлагбаумами, в которых предусмотрена возможность аварийного поднятия шлагбаума в ручном режиме.

Технологический процесс движения по подземному гаражу-стоянке можно разделить на несколько этапов: 1) этап въезда автомобилей в подземный гараж-стоянку; 2) этап движения автомобилей внутри подземного гаража-стоянки; 3) этап выезда автомобилей из подземного гаража-стоянки.

1. Этап въезда автомобилей в подземный гараж-стоянку: При подъезде автомобилей к гаражу-стоянке автомобиль перестраивается на дополнительную полосу для въезда в гараж-стоянку. Если водитель автомобиля является владельцем арендованного места в гараже-стоянке, то он с помощью радио-брелока либо чип-карты в автоматическом режиме открывает шлагбаум и заезжает на въездную рампу. Система контроля шлагбаума фиксирует момент проезда автомобилем зоны под шлагбаумом и закрывает шлагбаум. Открытие и закрытие шлагбаума происходит в автоматическом режиме для одного автомобиля. Если водитель автомобиля не является владельцем арендованного места в гараже-стоянке, то на табло, установленное перед заездом в гараж-стоянку, имеется информация о наличии свободных мест. При наличии свободных мест в гараже-стоянке водитель нажимает на кнопку автоматического устройства выдачи талонов о времени заезда. Устройство выдачи талонов выдает талон со штрих-кодом и в автоматическом режиме открывает шлагбаум. Открытие и закрытие шлагбаума происходит в автоматическом режиме также для одного автомобиля. В случае отсутствия свободных мест водитель покидает зону заездного кармана. Система наличия и контроля свободных мест предотвращает выдачу талона и блокирует шлагбаум при отсутствии свободных мест. Все операции происходят без выхода водителя из автомобиля.

2. Этап движения автомобилей внутри подземного гаража-стоянки: При проезде въездного шлагбаума автомобиль заезжает на въездную рампу и по ней опускается на 1-й уровень гаража-стоянки (-4,500). Если водитель автомобиля является владельцем арендованного места, то он направляется к своему арендованному месту. Если водитель автомобиля не является владельцем арендованного места, то он направляется к зоне гостевой парковки и паркуется на свободном машино-месте. Гостевые места оснащены датчиками присутствия. При наличии автомобиля на месте для стоянки автомобилей над машино-местом горит красный индикатор, в случае наличия свободного места – горит зеленый индикатор. Гостевые места размещены рядом с блоком «лестничная клетка-лифтовой холл» только на первом уровне паркинга. В выходные дни, в ночное и вечернее время часть арендных мест также используется в качестве гостевых мест. Такие арендные места также оснащены датчиками присутствия и работают ав-

томатически по времени суток и дням недели или управляются оператором в зависимости от загрузки гаража-стоянки и наличия спроса. Если арендованное машино-место находится на 2-м уровне (-7,800), то автомобиль движется в сторону внутренних рампы, расположенных на дальней стороне гаража-стоянки. Рампы являются односторонними. По одной осуществляется спуск на 2-й уровень, по другой – подъем на 1-й. После выезда с машино-места после стоянки автомобиль направляется к выездному шлагбауму, расположенному на 1-м уровне гаража-стоянки.

3. Этап выезда автомобилей из подземного гаража-стоянки: Если водитель автомобиля является владельцем арендованного места в гараже-стоянке, то с помощью радио-брелока либо чип-карты в автоматическом режиме открывает шлагбаум и выезжает на выездную рампу. Система контроля шлагбаума фиксирует момент проезда автомобилем зоны под шлагбаумом и закрывает шлагбаум. Открытие и закрытие шлагбаума происходит в автоматическом режиме для одного автомобиля. Если водитель автомобиля не является владельцем арендованного места в гараже-стоянке, то он обязан оплатить услуги по стоянке автомобиля. Для того чтобы перед выездным шлагбаумом не образовывались очереди на оплату, пункты оплаты расположены не около выездного шлагбаума, а внутри территории гаража-стоянки на 1-м и 2-м уровнях. Для оплаты за стоянку водитель вставляет талон со штрих-кодом о времени въезда в приемное устройство. Пункт оплаты рассчитывает сумму, необходимую для оплаты, и после оплаты выдает новый талон, разрешающий выезд с территории гаража-стоянки в течение определенного времени (10–15 минут). С этим талоном водитель подъезжает к выездному шлагбауму на 1-м уровне и вставляет чек в считывающее устройство. Для работы со считывающим устройством выходить из автомобиля не требуется. Если оплата была произведена, то шлагбаум откроется, и автомобиль выезжает на выездную рампу. В случае отсутствия оплаты или истечения времени на выезд шлагбаум не откроется и придется произвести оплату. Система контроля шлагбаума фиксирует момент проезда автомобилем зоны под шлагбаумом и закрывает шлагбаум. Открытие и закрытие шлагбаума происходит в автоматическом режиме для одного автомобиля.

При выезде автомобилей из гаража-стоянки автомобиль съезжает с выездной рампы на прилегающую к гаражу-стоянке территорию, а затем выезжает на ул. Берсона (рисунок 2). Таким образом, рассмотрена технология движения на паркинге.

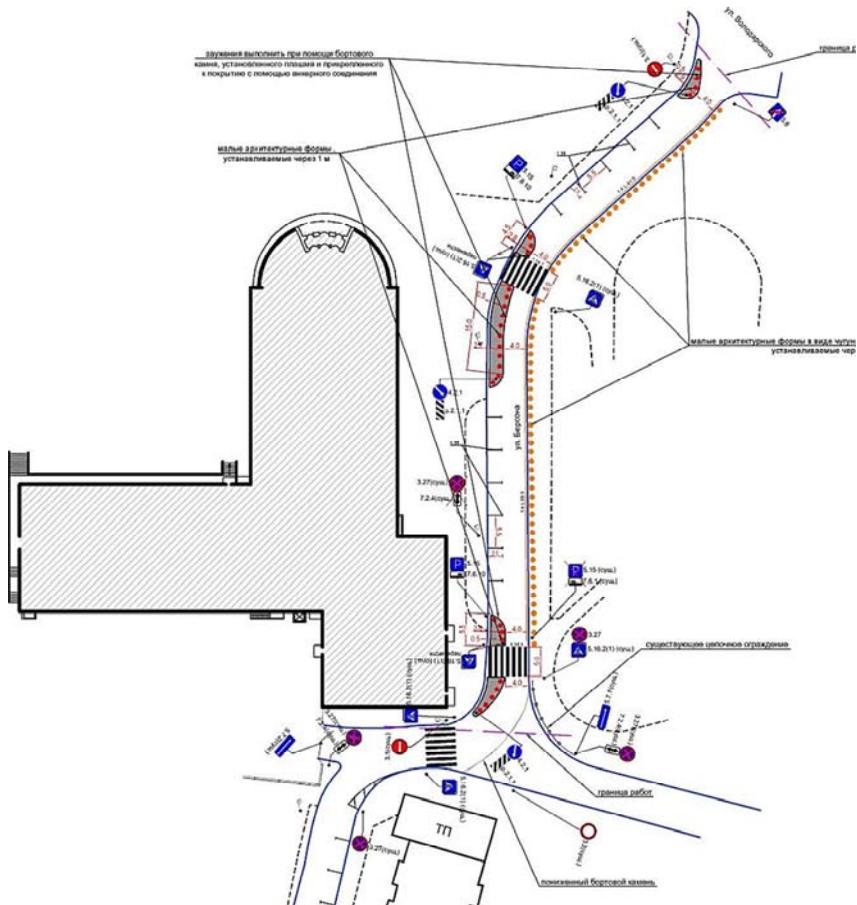


Рисунок 2 – Схема организации движения на прилегающей к паркингу сети

СЕКЦИЯ

***«Перспективные технологии
по техническому обслуживанию
и ремонту автомобильной техники»***

**КУРСОВАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ АВТОМОБИЛЯ
ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ВНЕШНИХ БОКОВЫХ СИЛ
ROAD-HOLDING ABILITY OF THE CAR AT INFLUENCE
OF EXTERNAL SIDE FORCES**

Вербицкий В.Г., доктор физико-математических наук
(Запорожская государственная инженерная академия);
Макаров В.А., доктор технических наук, профессор,
доцент кафедры «Техническая эксплуатация автомобилей»
(Белорусский Национальный технический университет);
Кулиев Р.А. старший преподаватель
(Харьковский автомобильно-дорожный техникум)

Verbitskii V., Doctor of Physico-Mathematical Sciences
(Zaporozhye State Engineering Academy);
Makarov V., Doctor of Technical Sciences
(Belarusian national technical University);
Kuliev R., Senior lecturer
(Kharkov Automobile and Road Engineering School)

Аннотация. *В статье рассмотрен вопрос устойчивости движения легкового автомобиля в условиях воздействия внешней боковой силы. Показана возможность компенсации воздействия внешних сил углом поворота управляемых колес.*

Abstract. *In the article, we address matters related to the stability of motion of the car subjected to the external lateral force. We show the possibility to compensate the effect of the external forces by means of the steering wheel angle.*

Введение

Курсовая устойчивость движения является одним из наиболее важных свойств автомобиля в плане его пассивной безопасности. Ранее уже был проведен анализ влияния на курсовую устойчивость автомобиля нелинейных характеристик зависимости боковой силы как функции углов увода, а также нелинейных зависимостей стабилизирующего момента в пятне контакта [1]. В данной статье рассмотрена задача парирования внешней боковой силы за счет поворота управляемых колес переднего ряда.

В реальной ситуации внешняя боковая сила может быть результатом воздействия сильного бокового ветра при выезде из туннеля, либо при обгоне автопоезда с подветренной стороны. Стоит отметить, что фирма Mercedes-Benz в моделях автомобилей класса S и GL предложила улучшить

курсовую устойчивость при боковом ветре с помощью системы CrosswindAssist [2, 3] путем подтормаживания боковых колес с наветренной стороны. Известны результаты, полученные по линейной модели [4–7], а также по нелинейной модели [8–11]. В частности, у Литвинова достаточно подробно рассмотрены особенности реакции на внешнюю силу автомобилей с избыточной и недостаточной поворачиваемостью. В работах [8, 12] помимо прочего, рассмотрено поведение автомобиля под воздействием внешней боковой силы в рамках нелинейной теории увода. Среди зарубежных исследований в данной области стоит отметить работы MacAdam С.С. [13, 14], а также Gillespie [15, 16] посвященные устойчивости движения транспортного средства под действием приложенных внешних сил.

В данной статье проблему отклонения курсовой траектории предлагается решить путем корректирующего поворота рулевого колеса.

Обоснование возможности парирования действия внешней боковой силы на автомобиль путем поворота управляемых колес (на основе соотношений, полученных для велосипедной модели) для восстановления прямолинейного режима движения более полной четырехколесной модели автомобиля и анализ устойчивости соответствующего стационарного прямолинейного режима движения.

Основная часть

В работе используются результаты экспериментальных исследований (по динамике) проводимых в рамках НИР «Про измерение и анализ параметров, характеризующих устойчивость движения автомобилей категории М1» [7–19]. Прототипом при математическом моделировании являлся автомобиль категории Opel Vectra C 2.2 AT Elegance, 2008 года выпуска переднеприводной с такими характеристиками: расстояние от центра инерции до передней оси $a = 1,273$ м; – до задней оси $b = 1,427$ м; масса автомобиля (в снаряженном состоянии) $m = 1771$ кг; момент инерции относительно центра масс $J = 600$ кг·м². Использовалась марка шин Bridgestone Turanza ER30. Данные шины имеют протектор, который снижает уровень шума и обеспечивает надежные сцепные характеристики на сухом и влажном покрытии. Характеристики протектора и боковины позволяют обеспечить надежную управляемость и повышенную износоустойчивость.

Для измерения значений параметров курсовой устойчивости движения на автомобиле Opel Vectra C использовался фирменный сервисный прибор Multiplediagnostic interface (MDI модуль) [20].

Использование данного прибора дало возможность получить информацию об изменении во времени: линейных скоростей колес автомобиля V_i , бокового ускорения \dot{u} , угловой скорости ω автомобиля вокруг вертикальной оси проходящей через центр инерции, угла поворота рулевого колеса

θ , момента времени относительного проскальзывания колес в продольном направлении – начала блокирования колес тормозами.[21]

Уравнения плоскопараллельного движения велосипедной схемы экипажа с постоянной составляющей скорости v в продольном направлении будут иметь следующий вид:

$$\begin{cases} m(\dot{u} + v\omega) = Y_1 \cos \theta + Y_2 + Q_0 \\ J\dot{\omega} = a \cdot Y_1 \cos \theta - b \cdot Y_2; \end{cases}$$

$$\delta_1 = \theta - \frac{u + a\omega}{v}; \quad \delta_2 = \frac{-u + b\omega}{v},$$

где u – поперечная составляющая скорости центра масс экипажа;

ω – угловая скорость относительно вертикальной оси;

δ_1, δ_2 – углы увода на передней и задней осях;

Y_1, Y_2 – боковые силы возникающие между колесом и дорогой;

Q_0 – внешняя постоянная боковая сила, приложенная в центре инерции.

Стоит отметить, что с целью простоты расчета в данном случае не учитывается действие стабилизирующих моментов и продольной тяговой силы. Значения коэффициентов сопротивления боковому уводу, согласно данным эксперимента, на передней и задней осях, соответственно, $k_1 = 32240$ Н/рад, $k_2 = 27186$ Н/рад.

В ходе первоначального анализа проведем интегрирование уравнений движения автомобиля с абсолютно жестким рулевым модулем. Для облегчения математических преобразований введем безразмерные аналитические выражения, разделив обе части на $(m \cdot g)$: При этом выражения примут следующий вид:

– реакция опоры на передней и задней оси:

$$N_1 = \frac{m \cdot g \cdot a}{(a + b)}, \quad N_2 = \frac{m \cdot g \cdot b}{(a + b)},$$

– коэффициенты сопротивления боковому уводу:

$$K_1 = \frac{k_1}{N_1}; \quad K_2 = \frac{k_2}{N_2}$$

– внешняя боковая сила:

$$Q = \frac{Q_0}{m \cdot g},$$

где Q_0 – внешняя постоянная боковая сила, приложенная в центре инерции;
 – критическая скорость прямолинейного движения:

$$V_{kp} = \sqrt{\frac{k_1 k_2 l^2}{m(k_1 a - k_2 b)}}$$

Угол поворота управляемых колес, парирующий действие внешней силы, согласно линейной [4] и нелинейной теории увода соответственно [9]:

$$\theta = \frac{N_2 \cdot Q}{k_2} - \frac{N_1 \cdot Q}{k_1}.$$

Общий вид выражения для угла коррекции:

$$\theta = G(Q),$$

где является решение обратной функции

$$G(Q) = G_2(Q) - G_1(Q),$$

где G_i – определяет функцию обратную к функции $Y_i(\delta_i)$.

То есть в результате

$$Q = Y_i(\delta_i) \Rightarrow \delta_i = G_i(Q),$$

Таким образом:

$$G_i = \frac{Q}{K_i \sqrt{1 - \frac{Q^2}{\varphi_i^2}}}; \quad \theta = \frac{N_2 \cdot Q}{k_2 \sqrt{1 - \frac{Q^2}{\varphi_2^2}}} - \frac{N_1 \cdot Q}{k_1 \sqrt{1 - \frac{Q^2}{\varphi_1^2}}}.$$

Выражения получены для случая дробно-иррациональной аппроксимации зависимости сил увода

$$Y_1 = \frac{k_1 \delta_1}{\sqrt{1 + \left(\frac{k_1 \delta_1}{N_1 \cdot \varphi_1}\right)^2}}; \quad Y_2 = \frac{k_2 \delta_2}{\sqrt{1 + \left(\frac{k_2 \delta_2}{N_2 \cdot \varphi_2}\right)^2}}.$$

На рисунке 1 представлены графики значения угла поворота управляемых колес, компенсирующих воздействие внешней боковой силы.

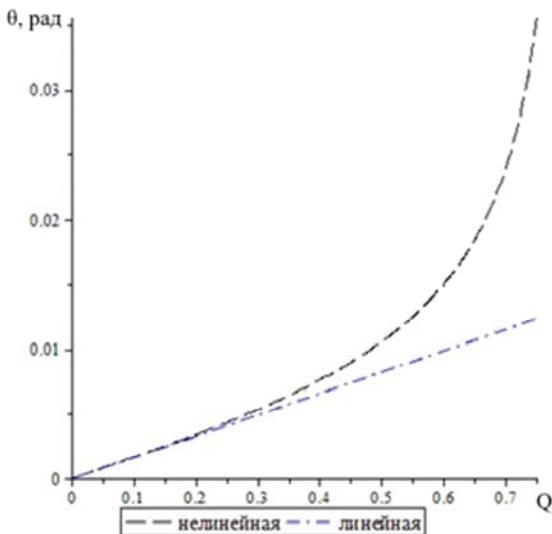


Рисунок 1 – Диаграмма парирования внешней боковой силы.
 $\theta = f(Q)$ согласно линейной и нелинейной гипотезе увода

Из рисунка 1 следует, что при небольших значениях $Q \approx 0,25$ для определения корректирующего угла поворота θ можно пользоваться линейной теорией увода. Но при увеличении внешней боковой силы расхождение растет (к примеру, при $Q = 0,4$ расхождение составляет 15 %) и дальнейшее парирование целесообразно рассматривать по нелинейной теории.

Как видно из графиков интегральных кривых угловой скорости и боковой составляющей скорости центра масс (рисунок 2) воздействие внешней боковой силы приводит к возмущению фазовых переменных в начальный период времени ($t \approx 1,5с$) после чего параметры плоско-параллельного невозмущенного движения стабилизируются.

Таким образом, восстановленному прямолинейному режиму движения автомобиля соответствует устойчивый узел на фазовой плоскости (с монотонным затуханием начальных возмущений).

Кроме того, как следует из графиков, скорость движения также влияет на время переходного процесса стабилизации движения, хотя и незначительно. Например, стабилизация угловой скорости и бокового ускорения происходит за четыре секунды при $v = 60$ км/ч.

Рассмотрим модель автомобиля с закрепленным рулевым управлением и учетом колеи (рисунок 3).

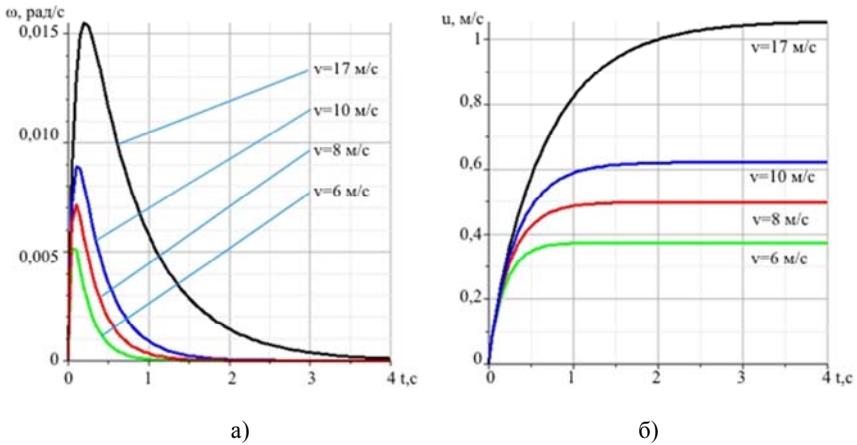


Рисунок 2 – Интегральные кривые $\omega(t)$ и $u(t)$ при различных значениях скорости

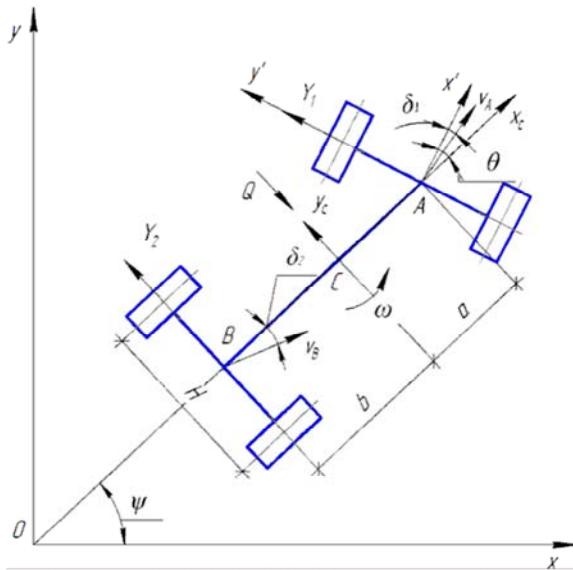


Рисунок 3 – Расчетная схема автомобиля с «жестким» управлением колесным модулем

Геометрические и инерционные параметры жесткой модели автомобиля: a, b – расстояние от центра масс автомобиля до передней (управляемой) оси и задней оси, H – разнос колес, m, J – масса и момент инерции автомобиля относительно центральной вертикальной оси.

Фазовые переменные жесткой модели автомобиля: v – продольная составляющая проекции скорости центра масс; u – поперечная составляющая проекции скорости центра масс; ω – угловая скорость автомобиля относительно вертикальной оси, система дифференциальных уравнений движения в плоскости дороги (u, ω, Ψ, x, y) : V – производная продольной составляющей центра масс (v); u – производная боковой составляющей центра масс (u); Ω – производная угловой скорости (ω) относительно вертикальной оси; Ψ – курсовой угол; x, y – координаты центра масс автомобиля в плоской неподвижной системе координат.

Результаты, полученные на примере плоской велосипедной модели автомобиля, можно проверить на четырехколесной модели (с учетом колеи). Для этого необходимо скорректировать продольные составляющие скоростей центров колес. При этом знак дополнительной продольной составляющей скорости ($H \cdot \omega$) будет положительный для внешних колес (по отношению к центру поворота) и отрицательный – для внутренних.

$$\delta_{1,j} = \theta_j - \frac{u + a\omega}{v \pm H\omega}; \quad \delta_{2,j} = \frac{-u + b\omega}{v \pm H\omega},$$

где i – номер оси (1 – передняя, 2 – задняя);

j – номер колеса на передней и задней оси.

Распределение сопротивления боковому уводу по колесам будет иметь следующий вид

$$Y_{ij} = \frac{k_{ij} \delta_{ij}}{\sqrt{1 + \left(\frac{k_{ij} \delta_{ij}}{N_{ij} \cdot \varphi} \right)^2}},$$

где φ – коэффициент сцепления.

$$\begin{aligned} -mv\omega + X_1 \sin \theta + Y_{11} \cos \theta + Y_{12} \cos \theta + Y_{21} + Y_{22} + Q \cdot mg &= m\dot{u} \\ (X_1 \sin \theta + Y_{11} \cos \theta + Y_{12} \cos \theta) \cdot a - (Y_{21} + Y_{22}) \cdot b &= J\dot{\omega} \end{aligned}$$

Продольная тяговая сила X_1 входящая в уравнение учитывалась для нейтрализации сил и моментов сопротивления качению и обеспечения постоянства скорости и момента при движении автомобиля.

После линеаризации исходной системы уравнений движения в окрестности невозмущимого прямолинейного движения ($u = u^*$, $\omega = 0$) получим характеристическое уравнение:

$$\lambda^2 + p\lambda + q = 0,$$

где $p = 34,83$, $q = 157,51$ – определены согласно исходным данным.

Используя программный пакет Maple и заданные выше данные из эксперимента определим корни данного характеристического уравнения:

$$\lambda_1 = -5,34; \quad \lambda_2 = -29,49.$$

Так как действительные части всех корней отрицательны, то данный стационарный режим является устойчивым узлом.

На рисунке 4 представлены траектории движения центра масс автомобиля (при различных значениях внешней боковой силы) откуда следует, что в данной модели отсутствует стабилизация по курсовому углу.

Таким образом, задача о возвращении транспортного средства к невозмущенному курсовому углу является дальнейшим развитием модели парирования внешней боковой силы.

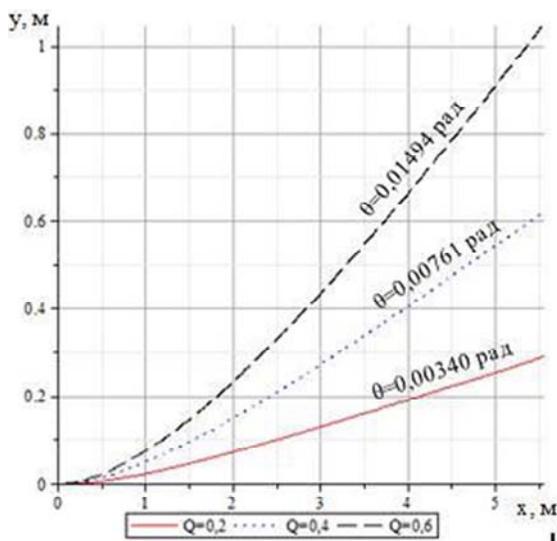


Рисунок 4 –Траектория движения центра инерции приразных значениях Q_{0i} , соответствующих значениях θ (модель с учетом колеи)

Выводы

Аналитическое решение дифференциальных уравнений и его графическое отображение позволяет утверждать следующее:

1. Корректирующее значение угла поворота рулевого колеса, найденное для велосипедной модели автомобиля, подтвердилось при проверке на четырёхколёсной модели;

2. При больших значениях внешней боковой силы ($Q \geq 0,3$) значение угла коррекции поворота рулевого колеса следует рассматривать в рамках нелинейной теории увода;

3. Время переходных процессов практически пропорционально продольной скорости движения транспортного средства.

Таким образом, можно утверждать, что воздействие внешней боковой силы на автомобиль при стационарном установившемся движении может быть парировано поворотом рулевого колеса, с сохранением устойчивости прямолинейного движения транспортного средства.

Литература

1. Вербичкий, В.Г. Характеристики поворачиваемости автомобиля при наличии внешней боковой силы / В.Г. Вербичкий // Вісник СевНТУ. – 2013. – № 142. – С. 96–99.

2. Mercedes-Benz TechCenter: Стабилизация при боковом ветре [Electronic resource]. URL: https://techcenter.mercedes-benz.com/ru_RU/crosswind-assist/detail.html#relation-section.

3. Mercedes-Benz USA – Video – Crosswind Stabilization [Electronic resource]. URL: <https://www.mbusa.com/mercedes/technology/videos/detail/title-safety/videoId-55a6efe513247410VgnVCM100000ccec1e35RCRD>.

4. Литвинов, А.С. Управляемость и устойчивость автомобиля / А.С. Литвинов. – М.: Машиностроение, 1978. – 376 с.

5. Verbitskii, V.G. Устойчивость прямолинейного движения плоской и пространственной моделей колесного экипажа / V.G. Verbitskii, L.G. Lobas // Appl. Math. Mech. – 1981. – № 17(5). – С. 117–122.

6. Litvinov, A.S., Farobin Ya.Ye. 1989. Automobile: the theory of operational properties. – М.: Machine building, 240. (in Russian).

7. Lobas, L.G. Theory of motion Stability of Wheeled Vehicles / L.G. Lobas, V.G. Verbitskii // Appl. Math. Mech. – 1983. – № 19 (9). – С. 102–107.

8. Lobas L.G., Verbitsky V.G. 1990. Qualitative and analytical methods in the dynamics of wheeled vehicles. Naukova Dumka, 216. (in Ukrainian).

9. Verbitsky V., Novak A. et al. 2007. Introduction to the theory of stability of a wheeled vehicle and track. Donetsk: "Weber" (Donetsk branch), 255. (in Ukrainian).

10. Verbitsky V.G., Sakhno V.P., Kravchenko A.P., Kostenko A.V., Danilenko A.E. 2013. Automobiles. Stability. Monograph. Lugansk: Publishing house "Noulidzh», 176. (in Ukrainian).

11. Сахно, В.П. Нелінійна стійкість біфуркації в динаміці автомобіля / В.П. Сахно // Автошляховик України. – 2005. – № Окремий випуск. Проблеми автомобільного транспорту. Збірник науков их праць. – С. 82–87.

12. Verbitsky, V.G., Lobas L.G. 1994. Bifurcations of stationary states in rolling systems at constant power disturbances. Applied Mathematics and Mechanics. – 58 (5). – 165–170. (in Russian).

13. Macadam, C.C. Static Turning Analysis of Vehicles Subject to Externally Applied Forces- A Moment Arm Ratio Formulation / C.C. Macadam // Veh. Dyn. – 1989. – № 18. – С. 345–357.

14. Macadam, C.C. Crosswind Sensitivity of Passenger Cars and the Influence of Chassis and Aerodynamic Properties on Driver Preferences / C.C. Macadam // Veh. Dyn. – 1990. – № 19. – P. 201–236.

15. Gillespie, T.D. Fundamentals of Vehicle Dynamics. Society of Automotive Engineers, Inc, 1992. – 470 p.

16. Heißing B., Ersoy M., Gies S. (Hrsg. Fahrwerkhandbuch Grundlagen, Fahrdynamik, Komponenten, Systeme, Mechatronik, Perspektiven. Wiesbaden: Friedr. Vieweg & Sohn Verlag : GWV Fachverlage GmbH, 2007. – 591 p.

17. До питання експериментального дослідження характеристик курсової стійкості легкового автомобіля під час його руху по колу / В.А. Макаров [et al.] // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. – 2009. – № 4. – С. 48–58.

18. До питання експериментального дослідження курсової стійкості легкового автомобіля / В.А. Макаров [et al.] // Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2010. – №7 (149). – С. 119–123.

19. Макаров В.А. До питання вибору математичної моделі для дослідження курсової стійкості руху легкового автомобіля / В.А. Макаров, О.С. Волохов, А.В. Куплінов // Вісник Луцького національного технічного університету. – 2010. – № 28. – С. 311–316.

20. До вибору пристосувань для відмічання траєкторії руху транспортних засобів / В.А. Макаров [et al.] // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. – 2010. – № 3. – С. 48–58.

21. Макаров В.А. Оборудование для экспериментального исследования курсовой устойчивости движения легкового автомобил / В.А. Макаров, А.В. Омельченко, А.В. Костенко // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. – 2007. – № 3. – С. 48–57.

УДК 629.113.004.58

**ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЗАЦИИ ТЕКУЩЕГО ОБСЛУЖИВАНИЯ
И РЕМОНТА АВТОБУСОВ НА ИХ НАДЕЖНОСТЬ**
**INFLUENCE OF MECHANIZATION OF ROUTINE MAINTENANCE
AND REPAIR OF BUSES ON ITS RELIABILITY**

Ивашко В.С., доктор технических наук, профессор;
Буйкус К.В., кандидат технических наук, доцент
(Белорусский национальный технический университет)

Пукалскас С., Римкус А.
(Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса)

Ivashko V., Doctor of Technical Science, Professor;
Buikus K.V., Candidate of Technical Science, Associate Professor
(Belorussian National Technical University)

Pukalskas S., Rimkus A.
(Vilnius Gediminas Technical University)

Аннотация. *Исследовано влияние уровня механизации работ текущего обслуживания и ремонта автобусов на поток их отказов.*

Abstract. *Influence of level of mechanisation of works of routine maintenance and repair of buses on a flow of its failings is researched.*

Введение

Уровень развития пассажирского транспорта – один из важнейших признаков технологического прогресса и цивилизованности автотранспортной системы государства и является одной из важнейших экономических подсистем народного хозяйства страны.

Главная задача подсистемы технической эксплуатации автомобилей заключается в обеспечении транспортного процесса работоспособным подвижным составом при оптимальных трудовых и материальных затратах.

Совершенствование технической эксплуатации на пассажирском транспорте во многом зависит от состояния и уровня развития производства по обслуживанию и ремонту подвижного состава, проведения анализа и критической оценки существующего оборудования и приборов, применяемых при диагностировании, техническом обслуживании и ремонте автомобилей.

Методика

Сбор данных об отказах (заявок на ремонт) автобусов осуществлялся с помощью информационно-справочной системы (ISSR), которая помимо

сбора данных о надежности, позволяет просмотреть уже собранную и представленную в виде таблиц информацию о количестве ремонтов того или иного автобуса за определенный период из общего числа ремонтов за этот период, а также просмотреть число ремонтов по гаражному номеру автобуса за весь период эксплуатации.

Исходные данные по надежности собирались из заявок на ремонт по основным системам автобуса их базы данных ISSR по каждому периоду. Непосредственно вся информация о заявках на ремонт узлов и агрегатов автобусов в целом в автобусном парке систематизирована с помощью компьютерных программ.

Основная часть

Перед началом проведения работ по механизации технологических процессов ТР особую важность имеет оценка конечных результатов механизации, то есть ее влияние на показатели деятельности АТП. Не менее важно иметь такую оценку при решении вопроса об оптимальном уровне механизации того или иного технологического процесса.

Определение уровней механизации работ по текущему ремонту на АТП позволяет определить наиболее эффективные направления механизации, выявить зоны и участки с наибольшим использованием ручного труда, разработать комплекс мероприятий по повышению уровней механизации.

Расчет уровней механизации на АТП производится с использованием «Методики укрупненного определения уровня механизации производственных процессов автотранспортных предприятий».

В соответствии с методикой выполнение работ по ТР может производиться тремя способами, механизированным, механизировано-ручным и ручным.

Примером механизированного способа производства на АТП является применение металлообрабатывающих и деревообрабатывающих станков, кузнечно-прессового оборудования, конвейеров для перемещения автомобилей электротельферов, кран-балок и кранов-штабелеров, механизированных подъемников для вывешивания автомобилей, диагностических стендов, механизированных моечных установок, шиномонтажных стендов и т.п. Сюда же относятся работы по контролю и управлению автоматическими установками и поточными линиями, например автоматической линией мойки легковых автомобилей. К механизированному способу производства не относятся связанные с использованием и применением нагревательного оборудования (кузнечные горны, электропечи сушильные камеры), сварочного оборудования, окрасочных камер.

К механизировано-ручному способу производства относятся работы, выполняемые с применением механизированного инструмента, приборов и

аппаратуры, когда механизмируются отдельные, наиболее трудоемкие, операции с сохранением значительной доли ручного труда. При этом рабочий осуществляет доставку инструмента к месту выполнения операций, его наладку и подключение.

Примером механизированно-ручного способа производства могут служить установки для ручной (шланговой) мойки автомобилей, маслораздаточное оборудование, электро- и пневмогайковерты, контрольно-измерительные приборы, пневматические окрасочные пистолеты, воздухо-раздаточные колонки и т. п.

К ручному способу производства относятся работы, выполняемые при помощи простейших орудий труда: молотка, отвертки, напильника, гаечного ключа, ручной дрели, а также работы, выполняемые при помощи приспособлений и устройств, приводимых в действие мускульной силой человека (съёмники, домкраты, краны и другое оборудование, не имеющее приводов от специального источника энергии).

К выполняющим работу механизированным или механизированно-ручным способом следует относить рабочих, использующих один или несколько видов оборудования в течение смены.

Общее время использования оборудования составлять не менее 30% рабочего времени, в противном случае их следует относить к рабочим, выполняющим работу ручным способом.

Уровень механизации производственных процессов па АТП определяется двумя показателями – степенью охвата рабочих механизированным трудом и долей механизированного труда в общих трудовых затратах.

Степень охвата рабочих механизированным трудом C определяется по формуле

$$C = C_m + C_{mr}, \quad (1)$$

где C_m , C_{mr} – процент рабочих в данном подразделении предприятия, выполняющих работу соответственно механизированным и механизированно-ручным способом.

$$C_m = \frac{P_m}{P_m + P_{mr} + P_r} \cdot 100, \quad (2)$$

где P_m , P_{mr} , P_r – число рабочих в данном подразделении предприятия, выполняющих работу соответственно механизированным, механизированно-ручным и ручным способом, чел.

$$C_{mr} = \frac{P_{mr}}{P_m + P_{mr} + P_r} \cdot 100. \quad (3)$$

Общая доля механизированного труда в общих трудовых затратах определяется формулой

$$Y_T = Y_M + Y_{MP}, \quad (4)$$

где Y_M , Y_{MP} – доля механизированного труда в общих трудовых затратах в данном подразделении предприятия соответственно при механизированном, механизировано-ручном способах производства, %;

$$Y_M = \frac{P_{M1} \cdot K_1 + P_{M2} \cdot K_2 + \dots + P_{Mn} \cdot K_n}{P} \cdot 100, \quad (5)$$

где P_{M1} , P_{M2} , ..., P_{Mn} – число рабочих в данном подразделении предприятия, выполняющих работу механизированным способом, чел.;

K_1 , K_1 , ..., K_n – коэффициенты механизации оборудования, которое используют соответствующие рабочие.

Степень охвата рабочих механизированным трудом в целом по предприятию определяется из соотношения:

$$C' = \frac{P'_M + P'_{MP}}{P'} \cdot 100, \quad (6)$$

где P'_M , P'_{MP} – общее число рабочих на предприятии, выполняющих работу соответственно механизированным и механизировано-ручным способом чел.

Суммарная доля механизированного труда в общих трудовых затратах в целом по предприятию определяется по следующей формуле:

$$Y_T = Y_M + Y_{MP}, \quad (7)$$

где Y_M , Y_{MP} – суммарная доля механизированного труда в общих трудовых затратах, в целом по предприятию соответственно при механизированном, механизировано-ручных способах производства, %;

Подготовка исходных данных для расчета показателей уровня механизации является важнейшим моментом расчетов, так как от их полноты и качества в большей мере зависит достоверность и точность проводимого расчета.

В состав исходных данных входят численность производственных и вспомогательных рабочих, перечень оборудования, применяемого при механизированном и механизировано-ручных способах производства, числовые значения коэффициентов механизации оборудования и механизированного инструмента.

Оценка уровня механизации работ по текущему ремонту являющаяся одним из главных направлений технического прогресса.

Методика оценки уровня и степени механизации и автоматизации производственных процессов ТР автомобилей на АТП базируется на совместном анализе технологических операций ТР подвижного состава и оборудования, используемого в этих операциях.

Для оценки совершенствования технологического оборудования применено понятие звенности машин Z , рассматриваемое как количество производственных функций человека, заменяемых машинами.

Состояние механизации оценивается двумя показателями:

– уровнем механизации $У$, определяющий долю трудоемкости механизированных и автоматизированных операций в общих трудозатратах

$$У = \frac{T_M}{T_C} \cdot 100\%; \quad (8)$$

где T_M – трудоемкость механизированных операций;

T_C – общая трудоемкость технологического процесса.

– степенью механизации C , определяющую долю операций, выполняемых с применением определенного механизированного и автоматизированного оборудования, в общем числе всех операций при условии их полной автоматизации

$$C = \frac{\sum_{Z=1}^4 Z \cdot m_Z}{Z_{\max} \cdot H} \cdot 100\%; \quad (9)$$

где Z – звенность оборудования в данной операции;

m_Z – количество операций в технологическом процессе с одинаковой звенностью оборудования;

Z_{\max} – максимальная звенность оборудования, применяемого в работах ТО и ТР автомобилей, равна 4;

H – общее количество операций данного технологического процесса.

Степень охвата рабочих механизированным трудом $C_M = 15\%$; степень охвата рабочих механизировано-ручным трудом $C_{MP} = 56\%$; степень охвата рабочих механизированным трудом $C = 71\%$.

Общая доля механизированного труда в общих трудозатратах $У_M = 0,58\%$.

Суммарная доля механизированного труда в общих трудозатратах в данном подразделении $У_T = 14,30\%$.

Расчет показателей механизации производится по обязательному перечню наиболее важных и трудоемких технологических процессов, что обеспечивает высокую степень сравнимости результатов обследований на разных предприятиях. При таком подходе исключается влияние случайных факторов, таких как колебание суточной программы, количество и расстановка исполнителей и т.д. С учетом этих качеств нового подхода в оценке уровня механизации возникает возможность проводить сравнительный

анализ не только между различными предприятиями, но и с какими-то базовыми значениями, отражающими определенный уровень развития производственно-технической базы автотранспортных предприятий, выраженный точными значениями.

Сравнительный анализ результатов расчета степени охвата рабочих механизированным трудом и общая доля механизированного труда в общих трудозатратах представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительный анализ результатов расчета показателей уровня механизации подразделений текущего ремонта

Наименование подразделения	Степени охвата рабочих механизированным трудом (С), %			Общая доля механизированного труда в общих трудозатратах (У), %		
	до	после	max	до	после	max
Зона ТР	61	74	85	14,30	20,10	38
Агрегатное	65	78	90	15,55	26,16	45
Моторное	65	78	90	10,95	21,79	45
Топливное	62	76	92	15,87	21,83	46
Электроцех	62	72	88	22,25	28,55	41
Пневмоотделение	62	76	85	27,73	33,97	43
Кузовное	68	79	85	18,28	24,80	46
Кузнечно-медницкое	56	56	80	20,07	23,80	41
Аккумуляторное	23	56	75	5,87	13,10	40
Цех по ремонту отопителей	40	40	75	26,9	30,50	35
Шиномонтажное	62	76	90	9,73	19,29	47
Обойное	40	40	75	23,75	29,10	37
Малярное	56	56	90	31,97	32,40	51
Общее по парку	55,54	65,92	85	19,48	26,57	43
Процент увеличения	10,38		–	7,09		–

Заключение

Сравнивая значения расчетных уровней механизации можно сделать вывод, что для повышения механизации демонтажно-монтажных, разборочно-сборочных и ремонтных работ в подразделениях текущего ремонта необходимо применять более прогрессивное оборудование, оснастку и инструмент. Сравнивая данные по отказам автобусов, выполненные с уровнем доли механизированного труда 19 % и с уровнем 26 % количество заявок на ремонт сократилось от 5 до 9 процентов в зависимости от года эксплуатации транспортного средства.

Литература

1. Современные технологии эксплуатации и технического обслуживания автомобилей и автобусов / К.В. Буйкус [и др.]; под общ. ред. В.С. Ивашко. – Минск: Экоперспектива, 2016. – 366 с.

2. Оборудование технического обслуживания автотранспортных средств: учебное пособие / В.С. Ивашко [и др.]. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2016. – 368 с.

УДК 629.113.004.58

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОСАДОЧНЫХ ОТВЕРСТИЙ В ДЕТАЛЯХ ТИПА «КОРПУС» RESEARCH OF METHODS OF RESTORATION OF THE SEATING HOLES IN A DETAILS SUCH AS «BODY»

Ивашко В.С., доктор технических наук, профессор;
Буйкус К.В., кандидат технических наук, доцент
(Белорусский национальный технический университет)

Ivashko V., Doctor of Technical Science, Professor;
Buikus K.V., Candidate of Technical Science, Associate Professor
(Belorussian National Technical University)

Аннотация. *Исследована эффективность основных методов восстановления посадочных отверстий в корпусных деталях.*

Abstract. *The efficiency of the main methods of restoration of seating holes in the body details.*

Введение

Доля корпусных деталей в общей совокупности всех отказов составляет около 15 %. Во время эксплуатации рабочие поверхности деталей изнашиваются от воздействия ударных и знакопеременных нагрузок, сил трения, разрушающего воздействия окружающей среды, фреттинг-коррозии, а также подвергаются короблению от внутренних напряжений.

Наибольшая повторяемость дефектов характерна для посадочных отверстий под подшипники. Коэффициенты повторяемости доходит до 0,85. При этом коэффициент восстановления корпусов в процессе капитального ремонта составляют 0,4–0,8.

Устранение этих дефектов представляет основную сложность технологического процесса восстановления корпусных деталей. В результате из-

носов, старения и деформации корпусов нарушаются не только размеры отверстий, но и их взаимное расположение, параллельность и перпендикулярность осей отверстий между собой и относительно установочных баз. Поэтому процесс восстановления должен включать как восстановление отверстий, так и их пространственное положение в корпусе.

Ресурс отремонтированных агрегатов зависит от технологии и качества восстановления корпусных деталей.

Корпусные детали трансмиссий изготавливают преимущественно из серого чугуна путем литья. Поэтому в них присутствуют большие внутренние напряжения. При последующей механической обработке заготовки происходит частичное перераспределение напряжений. Во время эксплуатации происходит дальнейшее интенсивное перераспределение напряжений, что приводит к изменению пространственной геометрии корпусной детали и приводит к снижению долговечности агрегата. Восстановление посадочных отверстий и их расположения в корпусах позволяет использовать «состаренную» естественным образом заготовку, что приводит к значительному росту долговечности отремонтированного агрегата по сравнению с новым.

Основная часть

В настоящее время существует достаточно большое количество методов восстановления изношенных посадочных отверстий в корпусных деталях, основными из которых являются: слесарно-механические; сварочно-наплавочные; напыление; тепло-физический; нанесение полимерно-композитных материалов; нанесение гальванопокрытий.

Слесарно-механический метод. Большое распространение в практике ремонтного производства получил способ установки дополнительных ремонтных деталей – толстостенных и тонкостенных колец. Толстостенные кольца запрессовывают в предварительно расточенные отверстия и растачивают под номинальный размер. Иногда, кольца стопорят винтами, развальцовкой или клеем. Способ достаточно прост, однако предварительная расточка снижает механическую прочность корпусной детали, а запрессовка создает местные растягивающие напряжения, что приводит к возникновению трещин во время эксплуатации, а иногда и во время запрессовки кольца. Кроме того, он трудоемкий и не универсальный, так как из конструктивных особенностей некоторых деталей он вообще не применим, требует значительного расхода металла.

Вклеивание колец из стальной ленты толщиной 1,0–1,2 мм незначительно снижает прочность детали. Способ также прост, но трудоемок и не обеспечивает высокой прочности соединения «лента – деталь».

Существует способ восстановления посадочных мест установкой стальных свертных втулок на клею с последующим раскатыванием. Для деталей, работающих при температуре свыше 80 °С, рекомендуется применять термостойкий клей типа ВС-10Т. Отверждение клея происходит при температуре 175–185°С в течение 1 ч, что создает определенные неудобства.

Восстанавливать посадочные места можно постановкой ленточных элементов с натягом с помощью клина из ленты, с отбортовкой его боковых сторон или его приклеиванием с последующей механической обработкой. Данный способ обеспечивает технические требования на точность размеров, точность расположения посадочных мест, но достаточно трудоемок.

Пластическое деформирование. Способы восстановления посадочных мест с применением накатки и электромеханического выдавливания несмотря на очевидную простоту, не находят применения по причине уменьшения площади рабочей поверхности посадочного отверстия, нарушения структуры и недостаточной долговечности посадки. Повторное восстановление этими способами невозможно.

Напыление и наплавка. Процессы напыления и пропано-порошковой наплавки обеспечивают высокую производительность, но вместе с этим сопровождаются большим расходом материалов, напыленный слой имеет много пор, плохую адгезию с основой. Наплавки другого рода позволяют наносить на изношенные поверхности слой практически любой толщины и химического состава с заданной твердостью и износостойкостью. Однако они сопровождаются высокими температурами, которые приводят к нарушению структуры чугуна, вызывая его «отбеливание», что создает большие трудности при последующей механической обработке. Наплавленные слои содержат большое количество пор, раковин и трещин. Значительные внутренние напряжения приводят к образованию трещин в перемычках и короблению. Геометрические параметры деталей выходят за пределы, допускаемые техническими условиями, а в отдельных случаях могут приобрести отклонения даже больше, чем имели до восстановления.

Известен метод контактной приварки стальной ленты или порошка на изношенные поверхности посадочного отверстия. Достоинством разработки является исключение значительного нагрева детали. Однако из-за сложности применяемого оборудования и трудности последующей механической обработки применение его ограничено.

Термо-физический метод. Существует тепловой способ восстановления посадочных отверстий. Он основан на свойстве чугуна увеличиваться в объеме при нагревании до определенной температуры. Способ достаточно прост и универсален, но максимально уменьшить диаметр отверстия этим способом можно только на 0,15 мм, при этом ухудшаются механи-

ческие свойства металла, образуются перенапряжения в сложных сечениях, что приводит к возникновению трещин и короблению.

Нанесение полимерно-композитных материалов. В последнее время в ремонтном производстве находят применение полимерные покрытия с различными наполнителями и физико-механическими свойствами. Для восстановления посадочных отверстий рекомендуют наносить композиции на основе эпоксидной смолы, с отверждением их при нагреве по ступенчатому циклу или в магнитном поле. Указанные способы просты и экономичны, частично или полностью предотвращают фреттинг-коррозию. Однако выкрашивание покрытий при механической обработке, многослойность, невысокая твердость, низкая теплопроводность, изменение физико-механических свойств покрытий во времени, необходимость проведения термической обработки для отверждения ограничивают применение полимерных материалов.

Нанесение гальванических покрытий. Преимущества гальванопокрытий заключаются в возможности получать путем электроосаждения осадки любой толщины в пределах от нескольких микрометров до 1–2 мм. После нанесения покрытия прочность детали снижается незначительно, структура основного металла не претерпевает изменения, коробление отсутствует, а сами покрытия обладают достаточно высокими физико-механическими и эксплуатационными свойствами.

На рисунке 1 представлено процентное соотношение между применяемыми способами нанесения гальванопокрытий для восстановления деталей.

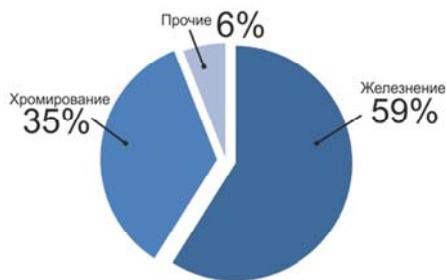


Рисунок 1 – Применение гальванопокрытий при восстановлении деталей

Основными способами нанесения гальванических покрытий на поверхности посадочных отверстий корпусных деталей являются осаждение в стационарных ваннах; электролитическое натирание (контактный); осаждение с использованием местных ванн в нециркулирующем электролите; осаждение в проточном электролите.

Заключение

Выбор метода восстановления посадочных отверстий зависит от многих факторов, таких как номенклатура восстанавливаемых деталей, их типоразмер, габаритные размеры и масса, материал корпусной детали и вставок посадочных отверстий, характер нагружения и режимы работы деталей, требования по точности и износостойкости восстановленных посадочных отверстий, температурные ограничения, обеспечение возможности многократного восстановления и так далее.

Литература

1. Гамбург, Ю.Д. Теория и практика электроосаждения металлов / Ю.Д. Гамбург, Дж. Зангари. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. – 438 с.
2. Гамбург, Ю.Д. Гальванические покрытия. Справочник по применению / Ю.Д. Гамбург. – М.: Техносфера, 2006. – 215 с.
3. Виноградов, С.С. Экологически безопасное гальваническое производство / С.С. Виноградов; под ред. проф. В.Н. Кудрявцева. – М.: Глобус, 2002. – 352 с.

УДК 621.7

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИЗНОШЕННЫХ ШЕЕК ВАЛОВ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИМ НАПЫЛЕНИЕМ С ОДНОВРЕМЕННОЙ КОМПРЕССИОННО-МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ RESTORATION OF WORN SHAFT JOURNAL BY THERMAL SPRAYING WITH SIMULTANEOUS COMPRESSIVE MECHANICAL TREATMENT

Ивашко В.С., доктор технических наук, профессор;
Буйкус К.В., кандидат технических наук, доцент
(Белорусский национальный технический университет)

Ivashko V., Doctor of Technical Science, Professor;
Buikus K.V., Candidate of Technical Science, Associate Professor
(Belorussian National Technical University)

Аннотация. *Исследовано влияние комбинирования компрессионно-механической обработки с напылением на физико-механические свойства газотермических покрытий.*

Abstract. *Influence of the combination of compressive mechanical treatment with spraying on the physic-mechanical properties of thermal sprayed coatings are researched.*

Введение

Наиболее характерными дефектами валов авто-тракторных деталей является износ шеек, обусловленный высокими удельными поверхностными нагрузками, а также трещины усталостного характера вследствие знакопеременных и циклических нагрузок, воздействующих на шейки.

Восстановление вала является сложной проблемой, поскольку к качеству и геометрическим параметрам его рабочих поверхностей предъявляются высокие требования. Наиболее перспективным направлением восстановления валов является нанесение на изношенные поверхности упрочняющих покрытий.

Среди известных способов нанесения покрытий при восстановлении шеек к наиболее эффективным относят способы газотермического напыления (плазменное, газопламенное, электродуговое), так как они отличаются возможностью напыления наиболее широкой номенклатуры материалов покрытий на различные материалы, высокой производительностью процесса, относительной простотой технологии, незначительным термическим влиянием на подложку, возможностью полной автоматизации процесса.

Тем не менее, покрытия, полученные данным способом, имеют недостаточную прочность сцепления с основой при значительных знакопеременных нагрузках, структурную неоднородность, высокие остаточные растягивающие напряжения, приводящие к растрескиванию покрытия.

Для устранения этих недостатков применяют упрочнение покрытий, как в процессе напыления, так и после него, с помощью различных видов энергетических воздействий (термообработка, оплавление, электромеханическая обработка и т.д.).

Одним из таких способов является одновременная компрессионно-механическая обработка напыленных покрытий, позволяющая повысить адгезионную и когезионную прочность, микротвердость, создать сжимающие остаточные напряжения для повышения сопротивления усталости, активировать основание для последующего слоя покрытия и получить более однородное покрытие.

Основная часть

Схема одновременной компрессионно-механической обработки напыленных покрытий представлена на рисунке 1.

Способ реализуется газотермическим напылением покрытия 1 на шейку вала 2 с помощью струи 3 из сопла 4 устройства с одновременной компрессионно-механической обработкой напыляемого покрытия 1 с помощью роликов 5, обкатывающих покрытие с прижимным усилием F .

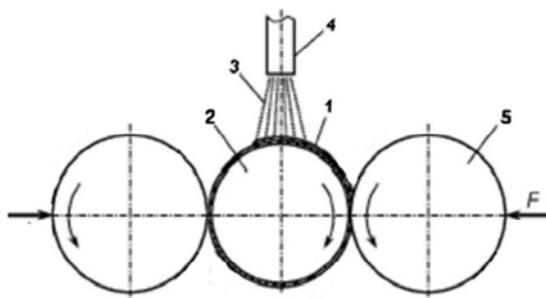


Рисунок 1 – Схема процесса газотермического напыления покрытия с его одновременной компрессионно-механической обработкой

На поверхности ролика 5 закреплены иглы клиновидной формы с углом заточки острия около 5° , оси которых совпадают линиями, проходящими через центр ролика.

За счет действия деформирующей силы происходит пластическая деформация покрытия, в результате которой заполняются поры покрытия, увеличивается его плотность и прочность. Процесс осуществляется послойно с толщиной каждого слоя меньше критического значения, при котором остаточные напряжения приводят к растрескиванию и отслаиванию покрытия до нанесения необходимой суммарной толщины покрытия.

Иглы создают в поверхностном слое покрытия углубления, которые улучшают когезионную прочность покрытия за счет повышения площади (развитости) активной поверхности.

Процесс осуществляли электродуговым напылением установкой КДМ-2.

Напряжение 24...25 В, ток 100...120 А, давление сжатого воздуха 0,5 МПа. Проволока диаметром 1,6 мм.

Скорость вращения образцов 10 об/мин, дистанция напыления 90–120 мм.

Скорость подачи проволоки устанавливают в зависимости от режима горения дуги с целью поддержания определенного зазора между электродами для стабильного горения дуги.

В процессе напыления покрытия его компрессионно-механическая обработка производилась роликом из твердого сплава ВК-8 диаметром 50 мм.

Результаты обработки оценивали путем измерением когезионной прочности покрытия, пористости, испытанием на износ.

Испытания образцов на изнашивание проводили на машине трения МТ-2 по методике «Изделия антифрикционные. Определение антифрикционных свойств. Программа и методика испытания. ПМ 12.001.95».

В качестве смазочного материала изучаемого трибосопряжения использовали масло И-Г-А-32 ГОСТ 17479.4–87.

В качестве контртела применяли диски с наружным диаметром 110 мм и толщиной 4 мм, изготовленные из стали 45 с поверхностной закалкой до твердости от 42 до 45 HRC.

Критерием оценки величины износа принято изменение размеров образцов. Данные экспериментов, выраженные в линейных единицах, более удобны по сравнению с данными весового износа при испытании напыленных образцов, так как они не зависят от разности плотности исследуемых материалов различного состава и при исследовании линейного износа сокращается продолжительность опытов за счет исключения операций снятия и установки образца и контрообразца, промывки и сушки перед взвешиванием и взвешивания.

Интенсивность изнашивания (J_h), 10^{-9} , находили из соотношения:

$$J_h = \Delta h/l,$$

где Δh – линейный износ, мкм;

l – путь трения, км.

Значение Δh представляет собой изменение размера образца после эксперимента.

Измерение предела прочности при растяжении. Слой покрытия нанесли на специальный цилиндрический образец, который состоит из двух деталей 1 и 2 (рисунок 2). В детали 1 имеется палец, который вставляется в гнездо детали 2 для центрирования обеих деталей. Для создания базы растяжения рабочую зону образца покрывали материалом 3, обладающим незначительной прочностью сцепления с напыляемым слоем 4 (теплостойкий картон, листовой асбест). Толщина напыленного слоя составляла 1 мм. После напыления производилось шлифование в размер.

Образец испытывался при статическом нагружении на универсальной разрывной машине Instron 1195 при комнатной температуре и скорости движения активного захвата 1 мм/мин.

Предел прочности при растяжении σ_b , МПа, определяли по формуле

$$\sigma_b = \frac{4 \cdot P}{\pi \cdot (D^2 - d^2)}$$

где P – растягивающее усилие, Н;

D – наружный диаметр покрытия, мм;

d – диаметр образца без покрытия с изолирующим материалом, мм.

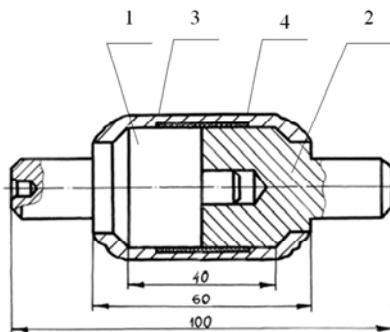


Рисунок 2 – Образец для испытания на растяжение

Пористость покрытий определяли на автоматическом анализаторе изображения «Мини-Маджискан» фирмы «Jouze LoebI» по программе «Genias-26». Для обсчета пористости были сделаны фотографии шлифов на сканирующем электронном микроскопе «Нанолаб-7» фирмы «Оптон» при увеличении в 2500 раз.

Износостойкость покрытий, полученных по технологии электродугового напыления с одновременной компрессионно-механической обработкой (ЭДН с КМО), во всем диапазоне исследованных нагрузок и скоростей оказалась выше, чем у покрытий, полученных по технологии электродугового напыления без дополнительного воздействия (ЭДН) (рисунок 3).

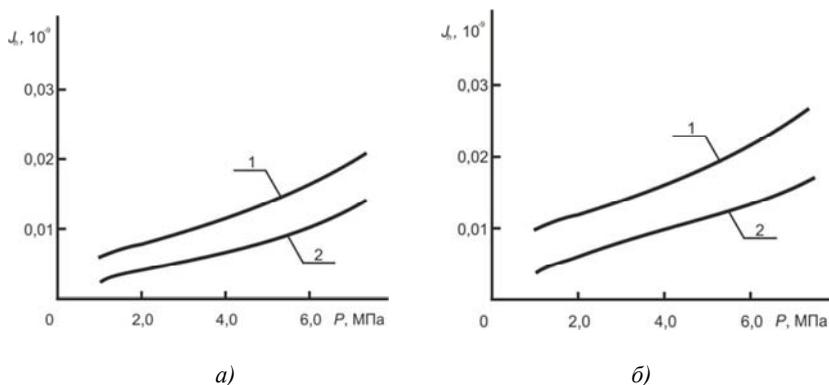
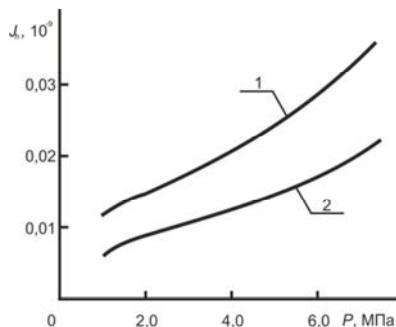


Рисунок 3 – Зависимости интенсивности изнашивания покрытия 40X13, полученного ЭДН (1) и ЭДН с КМО (2), от удельного давления P при различных скоростях скольжения: а – $V = 0,7$ м/с; б – $V = 1,5$ м/с; в – $V = 2,5$ м/с



в)

Окончание рисунка 3

Испытания показали, что износостойкость покрытий из стали 40Х13, полученных ЭДН с КМО в 1,3–1,5 раза выше в сравнении с износостойкостью покрытий, полученных ЭДН.

Когезионная прочность покрытия у образцов, выполненных способом ЭДН с КМО, в 1,5–1,7 раза выше, чем у ЭДН.

Пористость покрытий, выполненных ЭДН с КМО, в 1,3–1,5 раза ниже, чем у ЭДН.

Заключение

Предложен новый способ для восстановления изношенных шеек валов, позволяющий объединить в одном процессе две технологические операции – газотермического напыления и компрессионно-механической обработки. Это позволяет устранить недостатки, характерные эффективным способом газотермического напыления, и обеспечивает синергетический эффект при их объединении с компрессионно-механической обработкой.

Литература

1. Ивашко, В.С. Способы восстановления деталей при регламентированном ремонте / В.С. Ивашко, К.В. Буйкус, Б.М. Астрахан / Инженерия поверхности и реновация изделий: Материалы 16-й Международной научно-технической конференции, 30 мая – 03 июня 2016 г., г. Одесса. – Киев: АТМ Украины, 2016. – С. 45–47.

2. Прядко, А.С. Нанесение коррозионно- и износостойких покрытий электродуговыми методами / А.С. Прядко, Ю.С. Коробов, К.В. Буйкус / Тезисы докладов Юбилейной 20-й научно-технической конференции

сварщиков Урала «Сварка Урала-2001», 27 фев. – 2 марта 2001 г. – Нижний Тагил: 2001. – С. 96.

3. Ивашко, В.С. Восстановление деталей нанесение покрытий электродуговым напылением / В.С. Ивашко, С.С. Шамович, К.В. Буйкус / Материалы междунар. научно-технической конференции «Инженерия поверхности и реновация изделий», 28–30 мая 2002 г., г. Ялта. / Ассоц. технологов-машиностроителей Украины, Инж. центр сварочных технологий, Всеросс. НИИ технологии упрочнения. – Киев: АТМ Украины, 2002. – С. 61–63.

УДК 621.7

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ
АЛМАЗОПОДОБНОГО УГЛЕРОДА И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ
РАЗМЕРОВ ДЕТАЛЕЙ С УПРОЧНЯЮЩИМИ
АЛМАЗОПОДОБНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ**

**RESEARCH OF STRUCTURE OF COATINGS ON THE BASIS OF
DIAMONDLIKE CARBON AND THE FUNCTIONAL DIMENSIONS OF
DETAILS WITH THE STRENGTHENING DIAMONDLIKE COATINGS**

Ивашко В.С., доктор технических наук, профессор;
Буйкус К.В., кандидат технических наук, доцент
(Белорусский национальный технический университет)

Ivashko V., Doctor of Technical Science, Professor;
Buikus K.V., Candidate of Technical Science, Associate Professor
(Belorussian National Technical University)

Аннотация. *Исследованы функциональные размеры деталей плунжерных пар топливного насоса высокого давления дизельного двигателя с упрочняющими алмазоподобными покрытиями.*

Abstract. *The functional dimensions of details of plunger pairs of high pressure fuel pump of the diesel engine with the strengthening diamondlike coatings are researched.*

Введение

Покрытие на основе алмазоподобного углерода (АПУ) (DLC – diamondlike carbon) или «аморфного углерода» (а-С) благодаря своим уникальным свойствам соответствуют всем необходимым требованиям к упрочняющему покрытию на рабочей поверхности плунжера топливного насоса высокого давления дизельного двигателя: высокая твердость (до 100 ГПа), низ-

кие интенсивность изнашивания и коэффициент трения, высокое удельное сопротивление, химическая инертность и коррозионная стойкость, большой коэффициент теплопроводности.

Важными этапами создания технологии упрочнения плунжеров топливного насоса высокого давления являются проведение исследования функциональных размеров и формы деталей с упрочняющими алмазоподобными покрытиями и исследования структуры покрытий на основе алмазоподобного углерода. Результаты исследования позволят определить состояние поверхности деталей после нанесения алмазоподобного покрытия.

Методики исследования

В настоящее время существует ряд методов получения алмазоподобных пленок. Одним из наиболее эффективных является вакуумно-плазменное осаждение. Вакуумно-плазменное нанесение покрытий (катодно-дуговое осаждение) – это физический метод нанесения покрытий (тонких плёнок) в вакууме, путём конденсации на подложку (изделие, деталь) материала из плазменных потоков, генерируемых на катоде-мишени в катодном пятне вакуумной дуги сильноточного низковольтного разряда, развивающегося исключительно в парах материала электрода. Метод также известен под названиями: катодно-дуговое осаждение (англ. Arc-PVD), метод КИБ – катодно-ионной бомбардировки или, по-другому, метод конденсации вещества из плазменной фазы в вакууме с ионной бомбардировкой поверхности (последнее – оригинальное авторское название создателей метода).

Схема процесса такова: [твердая фаза (графит)] => [пар] => [ионизированный пар] => [ускоренный поток ионов плазмы] => [твердая фаза (алмазоподобная пленка)].

Для интенсификации процесса эффективно использование импульсной генерации плазмы. Импульсное вакуумно-плазменное осаждение АПУ покрытий обеспечивает необходимые скорости осаждения при экономичности, стабильности процесса во времени и высокой воспроизводимости результатов. При импульсной генерации плазмы можно достичь высокой плотности и энергии частиц, а в осажденных пленках – низкого содержания примесей и сплошности пленок, начиная с нескольких монослоев. Импульсный режим не требует предварительного нагрева подложек для стимулирования миграции адсорбирующихся частиц и формирования высококачественных покрытий.

Для получения пленок алмазоподобного углерода была использована серийная установка вакуумного напыления УВНИПА-1-001 с газовым ионным источником ИИ-4-0,15 типа «Радикал», предназначенным для

очистки поверхности подложек ионами аргона, импульсным генератором плазмы с катодом из графита, фильтром очистки плазмы от макрочастиц.

В таблице 1 приведены значения параметров осаждения АПУ покрытий.

Измерения размеров и отклонений формы функциональных поверхностей пар производилось на универсальном измерительном центре УМС-850 фирмы Opton (Германия) методом прямого ощупывания измерительной головкой по заданной программе. Первичный преобразователь (датчик) оснащён рубиновыми наконечниками с дискретностью отсчёта $\pm 0,0005$ мм.

Таблица 1 – Параметры режима осаждения углеродных покрытий из плазмы импульсного катодно-дугового разряда

Параметр режима осаждения	Значение для образца	
	1	2
Напряжение разряда, В	200	300
Амплитуда тока импульса, А	2000	2000
Время импульса, с	$4 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$
Напряжение на электродах поджига, В	700	700
Напряжение на дополнительном аноде, В	300	300
Частота генерации импульсов, Гц	5	5
Расстояние от торца катода до подложки, мм	100	100

Параметры микрогеометрии исследовались системой Talysurf-6 в «критических сечениях» сопряжения. Оценка велась по 25 параметрам шероховатости с последующим выбором наиболее показательных и характерных /1, 2/.

Измерения размеров и отклонений формы осуществлялось в сечениях I-I, II-II и III-III, перпендикулярных геометрической оси и расположенных соответственно на расстояниях 2, 22 и 40 мм от рабочего торца плунжера (рисунок 1).

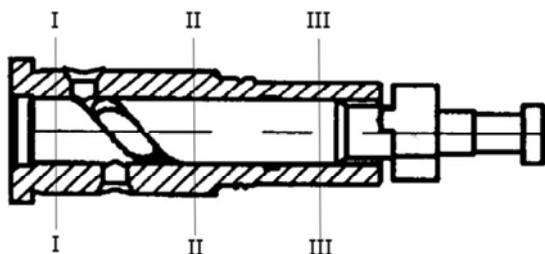


Рисунок 1 – Схема расположения сечений, на которых проводились измерения

Структура поверхности пленки исследовалась методом сканирующей электронной микроскопии – разновидностью электронной микроскопии, в которой для зондирования исследуемой поверхности используется сканирование по ней сфокусированного пучка электронов. Для исследования применялся сканирующий электронный микроскоп высокого разрешения MIRA (разрешение 1,5 нм)

Для анализа структуры АПУ покрытий по всей их толщине был применен метод спектроскопии комбинационного рассеяния света (КРС), использующего связь между частота и интенсивность поглощения отдельной C–связи с состоянием атома углерода (тип его электронной гибридизации sp^3 , sp^2 или sp).

Алмазоподобные покрытия состоят из атомов углерода как с алмазными, так и с графитоподобными связями. Структура алмаза представляет собой структуру с бесконечным трехмерным комплексом или каркасную структуру (гигантская трехмерная макромолекула). В алмазе все атомы имеют sp^3 -гибридизацию связи, и все электроны локализованы на этих гибридных орбиталях. Структура графита представляет собой структуру с бесконечным двухмерным комплексом или слоистую структуру (плоские бесконечные молекулы, слабосвязанные между собой). В графите существует sp^2 -гибридизация связей между атомами углерода. В таблице 2 приведены частоты отдельных валентных колебаний C–групп.

Спектры комбинационного рассеяния света регистрировались с помощью автоматизированного спектрометрического комплекса на базе Ramalog-4 фирмы SPEX. Для возбуждения использовалось излучение аргонового лазера с длиной волны 514,5 нм, которое свободно может проникать в АПУ покрытие, мощность составила 100 мВт при диаметре сечения светового пучка менее 10 мкм. При исследованиях для всех образцов устанавливались одинаковые режимы записи спектров, что обеспечивало достоверность сравнения полученных результатов.

Таблица 2 – Частота отдельных валентных колебаний C–групп

Тип связи	Частота ν , cm^{-1}
C = C- sp^2 (тригональный графитовый тип)	1380
C = C- sp^3 (тетрагональный алмазный тип кристаллической решетки)	1560

Результаты исследования

Результаты измерений функциональных размеров деталей плунжерных пар с упрочняющими алмазоподобными покрытиями приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты измерений функциональных размеров деталей плунжерных пар с упрочняющими алмазоподобными покрытиями

Параметр	Условный порядковый номер пары			
	1		2	
	втулка	плунжер	втулка	плунжер
1. Диаметр в сечении пары, мм:				
I-I	10,063	10,0595	10,062	10,0590
II-II	10,063	10,0590	10,062	10,0590
III-III	10,062	10,0590	10,062	10,0590
2. Зазор в паре на сторону, мкм:				
наибольший	2,00		1,50	
наименьший	1,50		1,50	
средний	1,75		1,50	

Анализ данных измерения, представленных в таблице 3, показывает, что размеры втулки и плунжера на функциональной длине практически постоянны в пределах 1 мкм. Зазор в парах колеблется в допустимых пределах 1,5...1,75 мкм.

Результаты измерений микрогеометрии поверхности деталей плунжерных пар с упрочняющими алмазоподобными покрытиями приведены в таблице 4.

Среднее значение параметра шероховатости R_a , наибольшая высота неровностей профиля R_{max} , высота неровностей профиля по 10 точкам R_z у каждой детали из пары практически одинаковы. Однако, если сравнить эти между плунжером и втулкой, то видно, что у плунжера значения указанных параметров в 1,4-1,5 раза выше. Это объясняется грубым профилем нанесенного алмазоподобного покрытия.

Средний шаг местных выступов профиля S у втулки изменяется в пределах 7,53–7,8 мкм, а у плунжера 8,17–9,48 мкм.

Относительная опорная длина профиля на глубине 0,10 мкм tr плунжера является большей, то есть имеет более грубый профиль.

Средний квадратический наклон профиля Δq характеризует тангенс угла наклона профиля в пределах базовой длины. Значения у плунжеров больше. Профили у втулок более сглаженные, чем у плунжеров. Это коррелируется и со средним шагом местных выступов.

На рисунке 2 приведено изображение косога среза под углом 5° покрытия толщиной 2,5 мкм, полученное с помощью сканирующего электронного микроскопа.

Как видно, преимущественная ориентация частиц отсутствует, средний размер кристаллитов составляет менее 0,01 мкм.

Таблица 4 – Результаты измерений микрогеометрии поверхности деталей плунжерных пар с упрочняющими алмазоподобными покрытиями

Параметр	Условный порядковый номер пары			
	1		2	
	втулка	плунжер	втулка	плунжер
1. Высотные параметры, мкм:				
– среднее арифметическое отклонение профиля R_a	0,0223	0,0327	0,0223	0,0340
– наибольшая высота неровностей профиля R_{max}	0,323	0,390	0,323	0,378
– высота неровностей профиля по 10 точкам R_z	0,237	0,378	0,237	0,369
2. Шаговые параметры, мкм:				
– средний шаг местных выступов профиля S	7,8	8,17	7,53	9,48
3. Переходные параметры:				
– относительная опорная длина профиля на глубине 0,10 мкм $t_p, \%$	22	35	21	36
– средний квадратический наклон профиля Δq	1,07	1,87	0,93	1,80

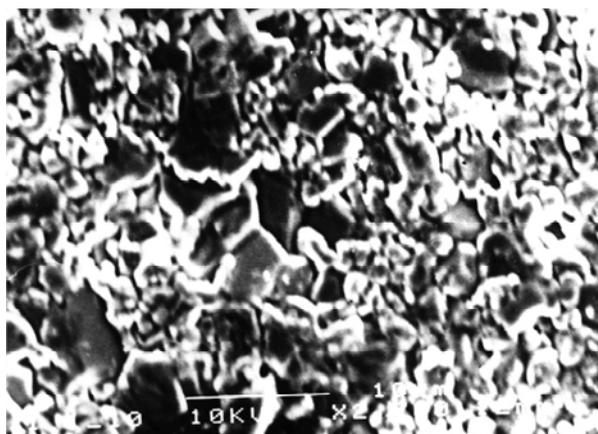


Рисунок 2 – Углеродная пленка

На рисунке 3 представлены спектры КРС для АПУ пленок.

При изменении условий получения пленок максимумы полос $\sim 1560 \text{ см}^{-1}$ и $\sim 1380 \text{ см}^{-1}$ в спектре КРС оставались без изменения, изменяется лишь интенсивность сигнала.

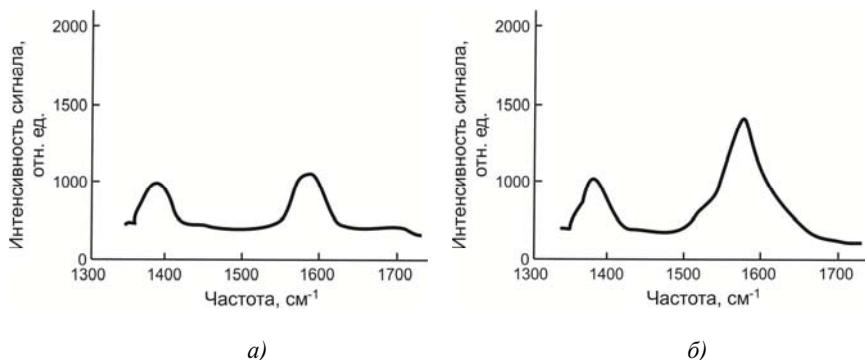


Рисунок 3 – Спектр КРС АПУ покрытия при напряжении разряда:
а) 200 В; б) 300 В

Сравнив спектры, можно увидеть, что в спектре КРС для АПУ пленки, полученной при напряжении разряда 300 В, наблюдается рост интенсивности.

Соотношение алмазоподобных и графитоподобных связей в покрытии определяются по площади под кривыми на рисунок 3 и приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Соотношение алмазоподобных и графитоподобных связей в покрытии

Напряжение разряда, В	Доля алмазоподобных и графитоподобных связей sp^3 : sp^2 , %
200	51 : 49
300	68 : 32

Повышение напряжения разряда до 300 В интенсифицирует появление алмазоподобных структур со связями sp^3 .

Заключение

Проведено исследование функциональных размеров деталей плунжерных пар топливного насоса высокого давления дизельного двигателя с упрочняющими алмазоподобными покрытиями.

Нанесенное алмазоподобное покрытие вакуумно-плазменным осаждением с импульсной генерацией плазмы обладает практически теми же геометрическими характеристиками, что и основная поверхность, то есть покрытие не требует последующей механической обработки.

Структура поверхности пленки без преимущественной ориентации частиц, средний размер кристаллитов составляет менее 0,01 мкм.

При изменении условий получения пленок максимумы полос $\sim 1560 \text{ см}^{-1}$ и $\sim 1380 \text{ см}^{-1}$ в спектре КРС оставались без изменения, изменяется лишь интенсивность сигнала.

Повышение напряжения разряда до 300 В интенсифицирует появление алмазоподобных структур со связями sp^3 . Так соотношение алмазоподобных и графитоподобных связей в покрытии $\text{sp}^3:\text{sp}^2$ в процентах для покрытий, наносимых при напряжения разряда 200 В, составляет 51:49, а для покрытий, наносимых при напряжения разряда 300 В, – 68 : 32.

Упрочнение быстроизнашивающихся прецизионных деталей топливной аппаратуры позволит значительно повысить срок их службы. Результаты работы будут интересны как предприятиям, производящим детали топливной аппаратуры, так и предприятиям, ремонтирующим указанные детали.

Литература

1. Система Talysurf-6 для измерений и анализа поверхностной структуры материалов и изделий. Руководство по эксплуатации. – Англия, фирма Rank Taylor Hobson, 1984. – 85 с.
2. ГОСТ 2789-73 Шероховатость поверхности. Параметры, характеристики и обозначения. – М.: Издательство стандартов 1990. – 10 с.
3. ГОСТ 27964-88. Измерение параметров шероховатости. Термины и определения. – М.: Издательство стандартов, 1989. – 12 с.
4. Суслов, А.Г. Технологическое обеспечение параметров состояния поверхностного слоя деталей / А.Г. Суслов. – М.: Машиностроение, 1987. – 208 с.

УДК 621.7

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПЛУНЖЕРНЫХ ПАР ГАЛЬВАНОМЕХАНИЧЕСКИМ ОСАЖДЕНИЕМ ПОКРЫТИЙ RESTORATION OF THE PLUNGER PAIRS BY GALVANOMECHANICAL APPLYING OF COATINGS

Ивашко В.С., доктор технических наук, профессор;
Буйкус К.В., кандидат технических наук, доцент
(Белорусский национальный технический университет)

Ivashko V., Doctor of Technical Science, Professor;
Buikus K.V., Candidate of Technical Science, Associate Professor
(Belorussian National Technical University)

Аннотация. На основании анализа существующих устройств для гальваномеханического осаждения покрытий предложен новый способ, заклю-

чающийся в чередование осаждения гальванопокрытий электроконтактным способом (электролитическим натиранием) с притиркой сопрягаемых поверхностей.

Abstract. *Based on the analysis of existing devices for galvanomechanical applying of coatings it proposed new method, consisting in the alternation of applying of galvanic coatings by electro-contact method (electrolytic polishing) with lapping of the mating surfaces.*

Введение

Анализ литературных источников показал, что для восстановления деталей с износами, составляющими несколько микрометров, и повышенной твердости наиболее приемлемым способом является электролитическое хромирование. Однако ванный способ хромирования имеет низкую производительность, неравномерность осаждения гальванопокрытия по диаметру и длине, что является существенным недостатком этого способа восстановления деталей.

Среди гальванических способов восстановления изношенных поверхностей деталей автомобилей наиболее перспективным, на наш взгляд, является электроконтактное осаждение в комбинации с механической обработкой (гальваномеханическое осаждение). Такое нанесение гальванических покрытий позволяет применять более высокую плотность тока при осаждении, что способствует значительному повышению производительности формирования слоя металла на обрабатываемой поверхности. Кроме того, при механической обработке, помимо разрушения пассивирующей пленки, образующейся в процессе электролиза на поверхности катода (восстанавливаемой поверхности), обеспечивается предотвращение дендритообразования – ускоренного роста металла на локальных участках поверхности.

Проток электролита в прикатодном пространстве обеспечивает получение более качественного покрытия за счет обновления рабочего раствора непосредственно у восстанавливаемой поверхности. Также проток электролита способствует очищению поверхности активирующих элементов воздействующих на катод и отвод продуктов активации из зоны формирования слоя металла. Электроконтактное гальваническое осаждение металлов на восстанавливаемые поверхности с механической обработкой представляет собой весьма перспективное направление восстановления изношенных поверхностей деталей.

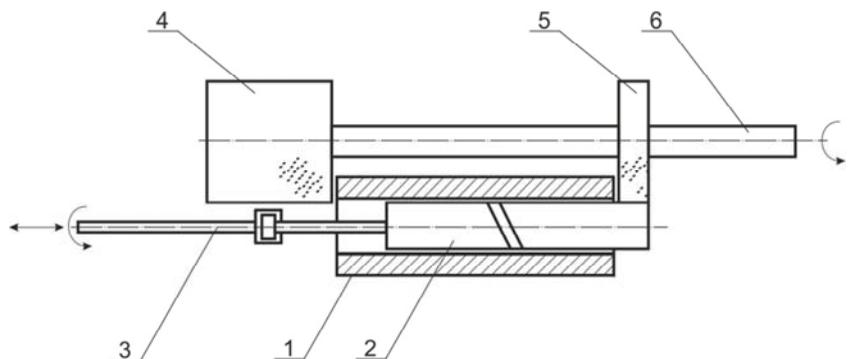
Основная часть

Проведенные нами теоретические и экспериментальные исследования показали возможность повышения производительности процесса восста-

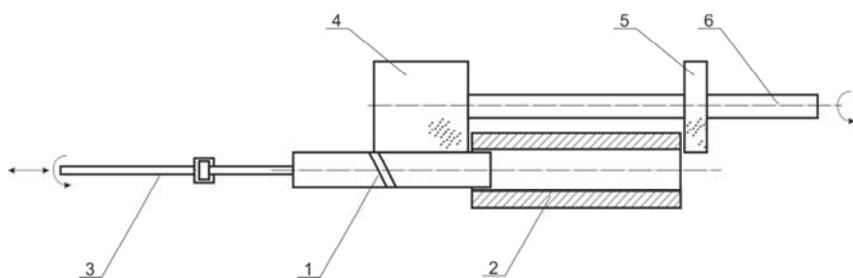
новления плунжерных пар за счет комбинирования осаждения гальванопокрытия и операции финишной механической обработки – притирки.

Чередование осаждения гальванопокрытий электроконтактным способом (электролитическим натиранием) с притиркой сопрягаемых поверхностей является наиболее перспективным способом восстановления плунжерных пар, например, топливных насосов высокого давления.

На рисунке 1 представлена общая схема гальваномеханического нанесения покрытий.



а)



б)

а – выход плунжера на малую величину; б – выход плунжера на большую величину

Рисунок 1 – Схема гальваномеханического нанесения покрытий

Сущность способа заключается в том, что во втулку 1 вставляют изношенный плунжер 2. Плунжер через вал 3 присоединяется к приводу (не показан), с помощью которого плунжер способен совершать вращательное и возвратно-поступательное движения внутри втулки 1. С обоих концов

втулки 1 расположены гигроскопичные валики 4 и 5, приводимые во вращение валом 6. Подача электролита на валики обеспечивается кислотостойким гидравлическим насосом (не показан).

Плунжер 2 присоединен к отрицательному полюсу источника тока, а вал 6 – к отрицательному.

Плунжер 2 поочередно выходит на определенную длину из втулки 1 и соприкасается с соответствующими валиками 4 и 5. Под действием электрического тока происходит процесс осаждения хрома из электролита на поверхность плунжера.

После этого плунжер входит во втулку, где за счет трения происходит притирка плунжера с покрытием к внутренней поверхности втулки. При этом производится механическая активация поверхности путем снятия пассивирующей пленки и обновления прикатодного слоя электролита.

Электролит содержит хромовый ангидрид и серную кислоту при соотношении по массе между ними 100 : 1, при содержании хромового ангидрида 150–250 г/л и серной кислоты 1,5–2,5 г/л.

Параметры режима нанесения покрытия зависят от размеров плунжера. Так для плунжеров диаметром 9 мм частота вращения 250–300 мин⁻¹, частота возвратно-поступательных движений 1–2 двойных ходов в секунду. Плотность тока устанавливают в пределах 80–140 А/дм² при температуре электролита 50–55 °С.

При этом на поверхность плунжера наносится равномерное покрытие при выходе по току до 40–45 %, что превышает аналогичный показатель для стандартного применяемого электролита в 1,5–2 раза. Микротвердость покрытий при этом составляет 1300–1500 кг/мм² при повышении износостойкости в 1,4–1,6 раза по сравнению с ванным способом хромирования. Скорость осаждения покрытия около 0,1 мм/ч, что практически в два раза превышает стандартный показатель. Сцепляемость получаемого покрытия с металлической основой при этом повысилась по сравнению с ванным способом в 1,3–1,4 раза.

Заключение

Предложен гальваномеханический способ восстановления плунжерных пар, позволяющий повысить эффективность технологии восстановления указанных деталей хромированием.

Литература

1. Гальванические покрытия в машиностроении: Справочник. Т. 1 / Под ред. М.А. Шлугера. – М.: Машиностроение, 1985. – 240 с.
2. Патент РФ №2011695, кл. С 25 D 17/06.
3. Авторское свидетельство СССР №123818, С 25 D 5/00.

УДК 621.81.004.67

631.3.004.67

**НАНЕСЕНИЕ ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННЫХ ИНТЕРМЕТАЛЛИДНЫХ
Al-Fe ПОКРЫТИЙ НА ТЕПЛОАГРУЖЕННЫЕ ДЕТАЛИ
АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ**

**DRAWING VACUUM AND PLAZMENY INTERMETALLIC AL-FE OF
COVERINGS ON THE HEATLOADED AUTOTRACTOR MACHINERY
DETAILS**

Лойко В.А., кандидат технических наук;
Ивашко В.С., доктор технических наук
(Белорусский национальный технический университет)

Loyko V.A., Candidate of Technical Sciences;
Ivashko V., Doctor of Technical Science
(Belorussian National Technical University)

Аннотация. *Процессы нанесения защитных покрытий и методы поверхностного модифицирования нашли широкое применение в машиностроении для улучшения поверхностных характеристик ответственных деталей. Нанесение покрытий из алюминия традиционно применяется для защиты от коррозии деталей, работающих при повышенных температурах. Однако механические характеристики алюминированных поверхностей не достаточно высоки. Интерметаллиды железа-алюминия обладают требуемым комплексом свойств. Поэтому исследование процессов формирования на поверхностях изделий из сплавов железа интерметаллидных слоев Al-Fe представляется важным и перспективным.*

Abstract. *Processes of drawing sheetings and methods of superficial modifying have found broad application in mechanical engineering for improvement of superficial characteristics of responsible details. Drawing coverings from aluminum is traditionally applied to protection against corrosion of the details working at the increased temperatures. However mechanical characteristics of the aluminized surfaces aren't rather high. Intermetallida of iron-aluminum have the required complex of properties. Therefore the research of processes of formation on surfaces of products from alloys of iron of intermetallic layers Al-Fe is obviously important also perspective.*

Расширение использования алюминия как конструкционного материала в высокотехнологичных изделиях сдерживается низкими поверхностными свойствами, в частности триботехническими характеристиками. Поэтому представляют значительный интерес методы поверхностного упрочнения изделий из железа или его сплавов нанесением материалов, улучшающих

поверхностные свойства основы. Важнейшим требованием к ним является прочная адгезионная связь защитного слоя с основой, обеспечивающая покрытие выполнение функции защиты основного металла конструкции. Алуминиды железа благодаря их дешевизне, высокой коррозионной стойкости, износостойкости и твёрдости используют в автомобилестроении, как заменители нержавеющей стали в системе выхлопа автомобилей, в качестве покрытий клапанов автомобильных двигателей, для дисков регенераторов автомобильных газотурбинных систем. Эти материалы перспективны для производства отдельных узлов и дисков газовых турбин турбокомпрессоров, работающих при температурах до 680° .

Целью работы являлось оценка возможности получения и основных характеристик интерметаллидных $Al-Fe$ покрытий на поверхности Fe низкотемпературным плазменно-вакуумным напылением Al с последующей термической обработкой в условиях ионной бомбардировки.

Методика эксперимента. Поверхности образцов армко-железа (пластины $10 \times 20 \times 5$ мм) перед нанесением покрытий полировали до $Ra = 0,01$, протирали бензином БР-1 и промывали этиловым спиртом в ультразвуковом поле УЗУ-0,25, просушивали в течение 10 минут при $150-200^{\circ}C$.

Краевой угол смачивания поверхности образца каплей дистиллированной воды составлял не менее $175-179^{\circ}$. Образцы помещали в поворотное устройство в центре вакуумной камеры модернизированной установки «Булат-6», схема которой показана на рисунке [1]. Камера откачивалась механическим и паромасляным насосами до предельного вакуума 1×10^{-3} Па, затем образцы обрабатывали потоком ионов аргона из источника ионов «Радикал» ($P_{Ar} = (2-5) \times 10^{-2}$ Па, $U = 4$ кВ). Температура контролировалась пирометром и составляла на момент осаждения $150-200^{\circ}C$. Схема камерной части вакуумно-плазменной установки для нанесения покрытий показана на рисунке 1. Фазовый состав покрытий оценивался с использованием дифрактометра Дрон-3, оснащенного малоугловой камерой, рентгеновского микроанализатора «Cameka-2», комплекса «Nanolab-7». Толщина слоя контролировалась на поперечных шлифах при увеличении $1500\times$. Микротвёрдость слоя определяли методом восстановленного отпечатка ГОСТ 9450-84 с использованием пирамиды Виккерса. Адгезионную прочность покрытий определяли на поперечных микрошлифах микроиндентированием в переходную зону и рассчитывалась по формуле $\sigma_A = 2P/D^2$, где P – нагрузка на индентор, D – длина трещины.

Слой Al толщиной $10-25$ мкм наносили тремя независимыми электродуговыми источниками, установленными радиально в горизонтальной плоскости к центру вакуумной камеры ($P_{ост.} = 10^{-3}$ Па, $I_{дуг.} = 40-70$ А, $U_{п.} = 50-100$ В). Заданная толщина слоя обеспечивалась контролем времени осаждения покрытия (60 мин.).

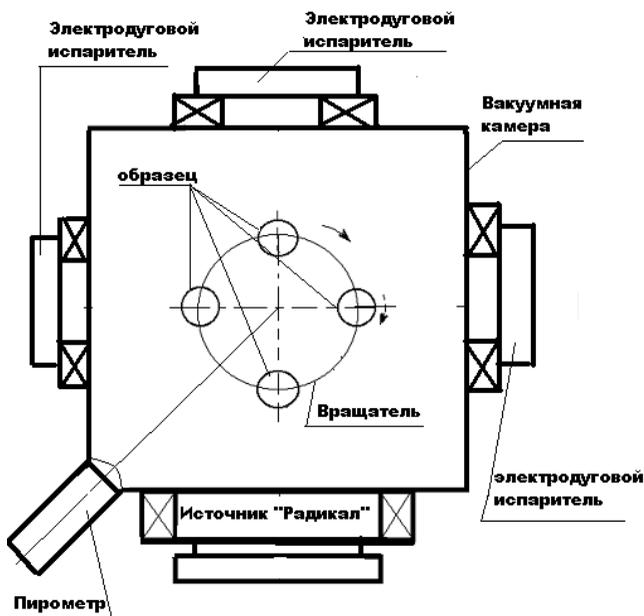


Рисунок 1 – Схема размещения образцов при нанесении покрытий в камере установки «Булат»

Затем к образцам с Al покрытием прикладывали отрицательный потенциал смещения 1-1,5 кВ и образцы разогревали бомбардировкой ускоренными ионами Al до температуры, при которой визуально наблюдается экзотермическая реакция синтеза интерметаллида ($0,6-0,7 \cdot T_{пл-Al}$). Процесс протекал с высокой скоростью, сопровождался локальным повышением температуры (на 250–300 °С), начиная с конденсированных макро неровностей и выступающих элементов образца, что приводит к их расплавлению и существенно интенсифицирует протекание реакций между алюминием и железом с формированием слоя интерметаллида Al_x-Fe_y на поверхности (рисунок 2).

Результаты и обсуждение. Диффузионная зона в граничной поверхности контакта покрытия и основного металла имеет характерное зернистое строение с четко очерченными утолщенными границами (рисунок 3), очертания которых в известной степени повторяющими подложку. На поперечном шлифе после травления проявляются три отличающихся по травимости участка: темная перетравленная подложка, светлая виде многочисленных веерообразно расходящихся из многочисленных центров,

направленных к подложке диффузионная зона, светло-серая с многочисленными белыми включениями, образующими лабиринтную структуру зона насыщения. Размеры зерен уменьшаются с приближением к поверхности образца, а на концентрационных кривых микрозондового анализа отмечается рост концентрации Fe и уменьшение содержания Al , затем на участке 18 мкм вблизи к предполагаемой граничной поверхности, концентрации изменяются незначительно по линейному закону, что свидетельствует о постоянном химическом составе фаз на этом участке, характерном для химических соединений, в данном случае интерметаллидов Fe_xAl_y .

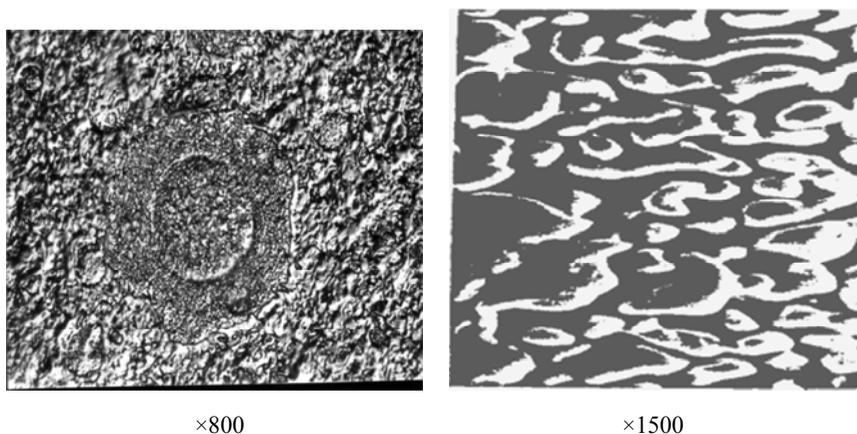


Рисунок 2 – Топография поверхности стальных образцов после нанесения алюминиевого покрытия и обработки ионами

При этом наблюдается формирование обширных зон диффузии по поверхности и объему (рисунки 2, 3).

Следует отметить, что зона интерметаллидов формируется не только в нанесенном покрытии, но и в поверхностных слоях образца, достигает толщины 30 мкм. Рентгенофазовым анализом выявлен ряд аллюминидов железа от Fe_3Al до $FeAl$, соотношение между интенсивностями которых меняется по толщине слоя. Формирование обширной зоны взаимодействия материалов покрытия и основы с образованием интерметаллидов связано с ионной стимуляцией процесса взаимной диффузии и ионной активацией исходных компонент реакций вследствие ионной бомбардировки поверхности ионами железа с энергией 1,5–4 кэВ. На металлографических шлифах отсутствует четкая граница между покрытием и основой, что свидетельствует о прочной металлической связи покрытия с подложкой. Адгезионная прочность покрытия составила 1,2–2,0 ГПа. Механические

свойства поверхности на первом этапе определяются толщиной слоя, содержащего интерметаллиды Fe_xAl_y , а также соотношением $Al-Fe$ в интерметаллиде. Микротвердость покрытия в зависимости от соотношения атомов железа и алюминия может изменяться от 5,8 ГПа до 9,5 ГПа.

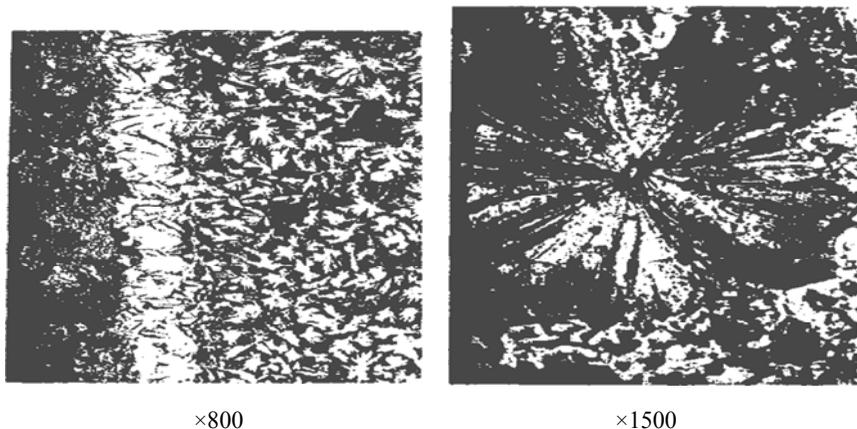


Рисунок 3 – Структура переходной зоны на косом шлифе ($\alpha=3^\circ$) образца Fe с Al покрытием

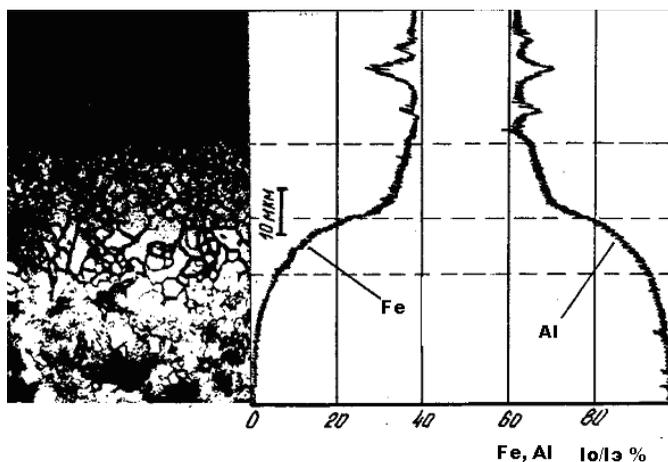


Рисунок 4 – Распределение элементов в переходной зоне от покрытия к основе при сканировании на косом шлифе ($\alpha=3^\circ$) от поверхности покрытия к основе образца

Заключение

При разработке высокопрочных материалов основные усилия направлены на установление связи между прочностными характеристиками основными физическими свойствами кристаллов. Этот подход вытекает из известного факта зависимости прочности кристалла, а также адсорбции и коррозии от характера величины межатомных сил связи и такие важные для практики свойства, как прочность, твердость и износостойкость. Проведенными исследованиями установлена возможность получения интерметаллидных фаз Fe_x-Al_y при вакуумно-плазменном нанесении Al покрытий на основу Fe и последующим нагревом бомбардировкой ионами материала покрытия. Ионно-стимулированный синтез интерметаллидов по характеру протекания напоминает СВС-процесс.

Полученные слои имеют удовлетворительные триботехнические характеристики, значительно улучшающие поверхностные свойства (твердость, адгезионную прочность и др.) основного металла образца.

Литература

1. Вакуумно-плазменные технологии в ремонтном производстве / В.А. Лойко и [др.]. – Минск: УО БГАТУ, 2007. – 190 с.

УДК 629.4.077

СТАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭЛЕКТРОННО-ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ STATIC CHARACTERISTIC OF ELECTRONIC BRAKING SYSTEM

Леонтьев Д.Н., доцент, кандидат технических наук;

Красюк А.Н., ассистент, кандидат технических наук;

Дон Е.Ю., соискатель

(Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет)

Leontiev D., Associate Professor, Candidate of Technical Sciences;

Krasyuk A., Assistant, Candidate of Technical Sciences;

Don E., applicant

(Kharkov National Automobile and Highway University)

Аннотация. *Предложена концепция определения в отношении выбора статической характеристики электронно-пневматической тормозной системы транспортного средства. Определен характер изменения давления в тормозном приводе при штатном и экстренном торможении.*

Abstract. Offered concept of determining the choice of the static characteristics of the electronic brake system of the vehicle. Described the character of change of pressure in the brake actuator during normal and emergency braking.

Введение

Электронно-пневматическая тормозная система (ЭПТС) широко применяется на автопоездах зарубежного производства [1] и обеспечивает максимальный уровень их активной безопасности, за счет выполнения большого числа функций таких как: функция распределения тормозных сил между осями транспортного средства, функция антиблокировочной системы, функция системы курсовой устойчивости, функция системы динамической стабилизации и др.

Известно [2], что существенное влияние на безопасность движения транспортного средства в режиме его торможения оказывает качество управления процессом торможения, определяемое так называемой характеристикой тормозного управления (рисунок 1).

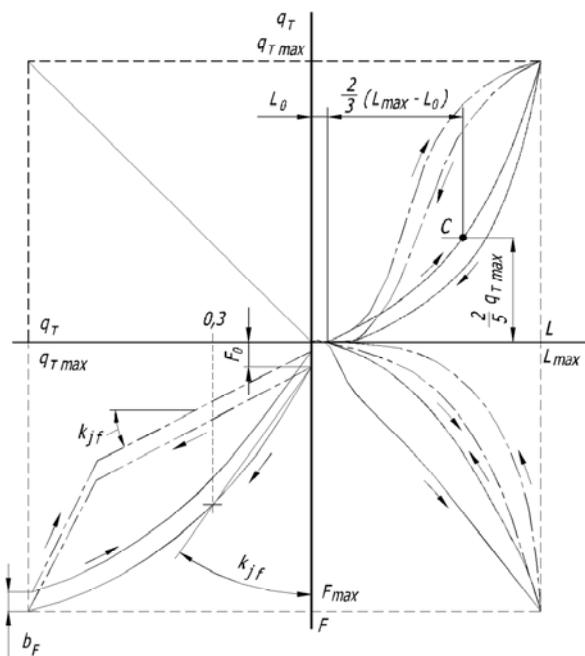


Рисунок 1 – Предпочтительная статическая характеристика тормозного управления [2]

На современных транспортных средствах управление рабочими процессами в ЭПТС осуществляется электронным блоком управления, что позволяет влиять на выходные характеристики тормозных систем в более широком диапазоне и дает возможность реализовать рациональную статическую характеристику тормозного управления, а значит повысить качество работы ЭПТС.

Качество работы рабочей тормозной системы в работе [2] предложено оценивать таким критерием, как полезный ход педали тормоза, т.е. ходом педали при котором водитель может регулировать процесс торможения транспортного средства. Данный критерий позволяет рассмотреть тормозную диаграмму транспортного средства в так называемом «статическом виде» в координатах ход педали (L) – коэффициент торможения (z) (удельная тормозная сила q_T).

Поскольку до момента блокирования колеса наблюдается пропорциональность между коэффициентом торможения транспортного средства (z) и давлением в тормозной камере (P) идеализированную статическую характеристику электропневматического тормозного привода (ЭПП) можно представить в следующих координатах ход педали (L , мм) – давление в тормозной камере (P) (рисунок 2).

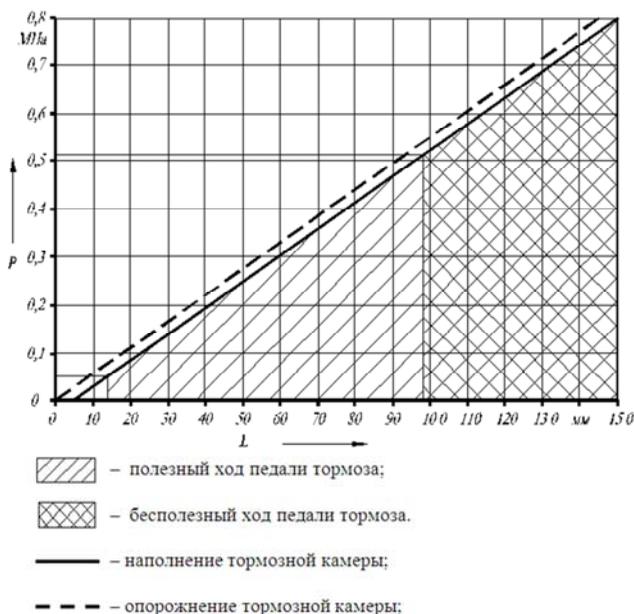


Рисунок 2 – Идеализированная статическая характеристика ЭПП.

Проанализировав представленную статическую характеристику с позиции критерия – полезный ход педали тормоза, можно отметить несколько недостатков представленной статической характеристики. Первый недостаток заключается в том, что при малом ходе педали тормоза давление в тормозной камере используется для выбора зазоров и деформаций в тормозном механизме, а не для регулирования тормозной силы. В качестве второго недостатка является то, что при ходе педали тормоза более чем 60 % (на сухом асфальтовом покрытии) и более чем на 30 % (на укатанном заснеженном покрытии) давление, созданное в тормозной камере, приводит к блокированию автомобильного колеса. Так, например, для автобуса МАЗ-256200 (рисунок 3) согласно экспериментальным исследованиям, проведенным на кафедре автомобилей ХНАДУ [3] верхняя граница полезного хода установлена на уровне 98 мм хода педали тормоза, который обеспечивает давление в тормозных камерах равным 0,51 МПа. Для определения верхней границы хода педали был проведен ряд экспериментов с использованием ходовой лабораторий кафедры автомобилей ХНАДУ, созданной на базе автобуса МАЗ-256200 белорусского производства. Суть экспериментальных исследований заключалась в определении давления, при котором обеспечивается качение колес автобуса без блокирования с максимальной эффективностью в режиме торможения [4]. Результаты экспериментальных исследований, для удобства анализа сведены в таблицу 1.

Как видно из таблицы 1 у полностью груженого автобуса МАЗ-256200, в режиме торможения на сухом асфальтовом покрытии, качение колес без блокирования с наивысшей эффективностью обеспечивается при давлениях сжатого воздуха в передних/задних тормозных камерах 0,5/0,42 МПа несмотря на то, что в ресиверах имеется неиспользованный запас сжатого воздуха около 30 % (см. $P_{пер}$ и $P_{зад}$ на рисунке 4).

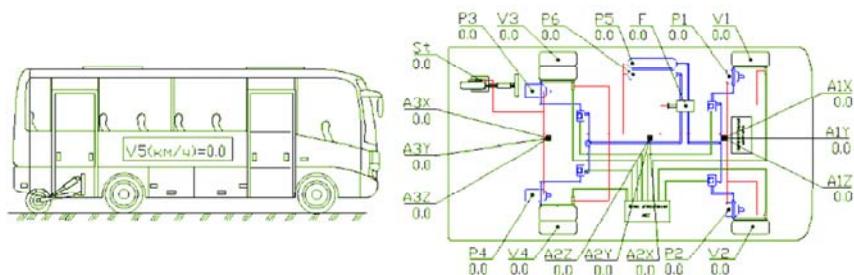


Рисунок 3 – Схема установки датчиков на базе автобуса МАЗ-256200, который используется в качестве ходовой лаборатории кафедры автомобилей ХНАДУ [3]

Таблица 1 – Результаты дорожных экспериментальных исследований в условиях торможения «сухое асфальтовое покрытие» и «укатанный снег» [3, 5]

Загрузка автобуса	Снаряжённый			Гружённый		
	Передняя ось	Задняя ось	Передняя и задняя оси	Передняя ось	Задняя ось	Передняя и задняя ось
Условия сцепления / Начальная скорость торможения	сухое асфальтовое покрытие / 60 км/ч					
Коэффициент торможения	0,46	0,347	0,708	0,309	0,293	0,622
Давление в контуре переднем / заднем, кПа	576 / –	– / 444	511 / 312	532 / –	– / 495	500 / 420
Время торможения от момента нажатия на педаль до полной остановки автобуса, с	4,21	5,14	2,67	5,58	6,1	2,98
Условия сцепления / Начальная скорость торможения	укатанный снег / 60 км/ч					
Коэффициент торможения	0,138	0,159	0,286	0,144	0,172	0,314
Давление в контуре переднем / заднем, кПа	190 / –	– / 240	180 / 244	245 / –	– / 323	237 / 284
Время торможения от момента нажатия на педаль до полной остановки автобуса, с	13,56	11,46	7,07	12,14	9,83	6,04

Понятно, что начало зоны бесполезного хода педали тормоза будет индивидуальна для каждого транспортного средства, но в целом для большинства транспортных средств она составляет 30–40 %, так как она закладывается при проектировании тормозного управления и гарантирует запас сжатого воздуха при работе систем автоматического регулирования, таких как антиблокировочная, противобуксовочная и др. [6, 7, 8].

Из таблицы 1 так же очевидно, что в случае торможения порожнего транспортного средства при плохих погодных-климатических условиях (лёд, снег) у водителя практически нет возможности управлять процессом торможения, поскольку зона бесполезного хода педали расширяется и провоцирует более частое блокирование колес транспортного средства.

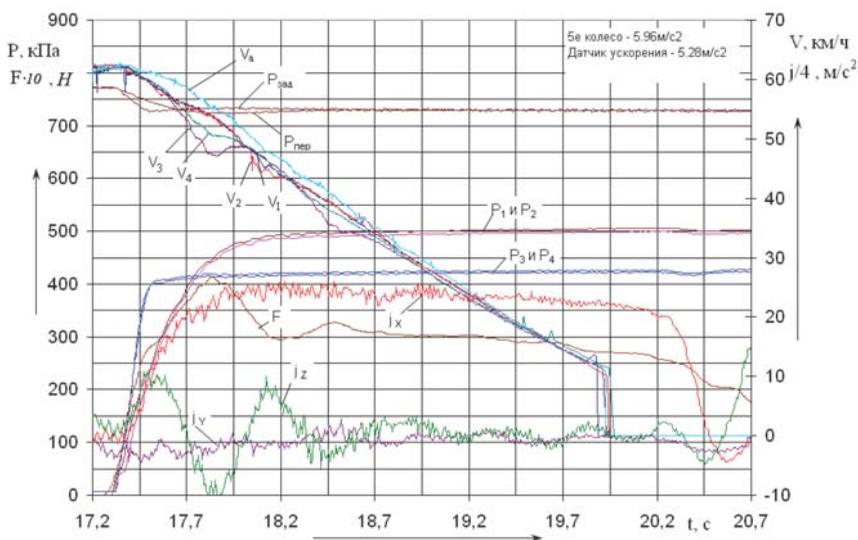


Рисунок 4 – Зависимости, характеризующие торможение грузового автобуса MAZ 256200 в условиях сухое асфальтовое покрытие при качении его колес с эффективностью близкой к максимальной [3, 4]

Из вышесказанного можно сделать вывод, что пренебрежение характером изменения давления в тормозном приводе, снижает качество управления торможением и провоцирует большую вероятность возникновения аварийных ситуаций при торможении транспортного средства.

Для обеспечения высокого качества управления процессом торможения, на наш взгляд, необходимо при проектировании ЭПТС более рационально подходить к выбору статической характеристики ЭППП, которая должна иметь вид, представленный на рисунке 5.

Предпочтительная статическая характеристика ЭППП (рисунок 5) имеет три характерных участка: первый – это резкое повышение давления при начальном ходе педали тормоза с целью минимизации затрат хода педали тормоза для выбора зазоров и деформаций в тормозном механизме; второй участок – обеспечение максимально большой зоны полезного хода педали тормоза, при котором возможно регулирование тормозных сил без использования дополнительных автоматических систем; третий участок – обеспечение максимального давления в приводе для обеспечения эффективной работы автоматических систем регулирования тормозного усилия, таких как антиблокировочная или противобуксовочная в ЭПТС.

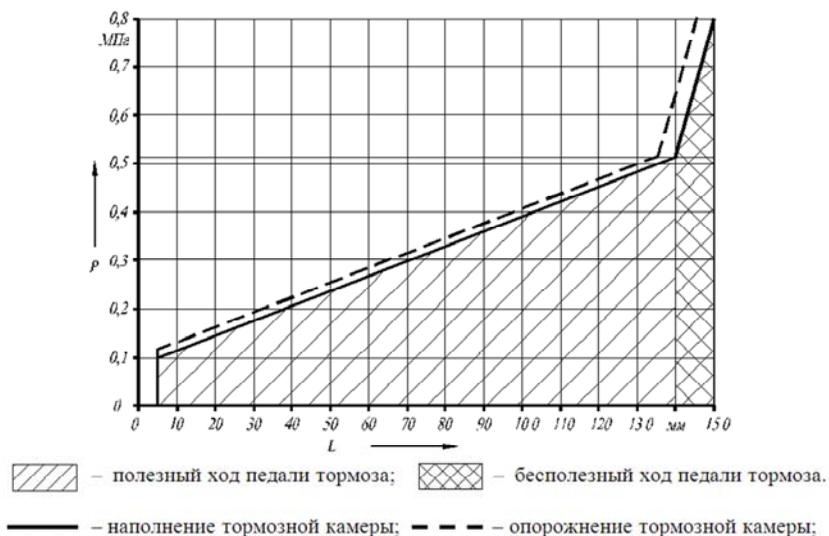


Рисунок 5 – Предпочтительная статическая характеристика ЭПП.

При выборе характеристики ЭПП предлагается использовать линейную пропорциональность между ходом педали и давлением в тормозных камерах, в отличие от нелинейной предлагаемой авторами [2] (см. рисунок 1), по двум причинам: первая – это быстрота выработки у человека стереотипа к простым (линейным) зависимостям, следовательно, человек быстро привыкнет к такой тормозной системе; вторая – простота реализации такой зависимости, поскольку не требует сложных конструкций исполнительных устройств или алгоритмов управления ЭПП.

Выводы

1. Для обеспечения высокого качества управления процессом торможения, необходимо при проектировании ЭПТС более рационально подходить к выбору статической характеристики ЭПП, пренебрежение этим выбором может привести к уменьшению полезного хода педали от 40 до 70 % в зависимости от погодно-климатических условий, в которых эксплуатируется транспортное средство.

2. Использование предложенной статической характеристики ЭПП позволит увеличить зону полезного хода педали до 75–80 % от полного хода педали, что обеспечит комфортабельность процесса торможения и снизит вероятность срабатывания систем автоматического регулирования тормозного усилия, а также позволит осуществлять более качествен-

ный процесс торможения транспортного средства в плохих погодноклиматических условиях.

Литература

1. Клименко, В.И., Пути совершенствования электронно-пневматической тормозной системы / В.И. Клименко, Л.А. Рижих, А.Н. Красюк // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – № 7(125), Луганськ, 2008. – С. 127–131.

2. Мастрода, О.В. О некоторых проблемах разработки тормозных систем / О.В. Мастрода, Б.В. Соленец // Автомобильная промышленность. – 2009. – № 5. – С. 12–14.

3. Основы создания и исследования электронно-пневматического тормозного управления транспортных средств: монография / Д.Н. Леонтьев [и др.]. – Х.: ХНАДУ, 2012. – 288 с.

4. Леонтьев, Д.Н. Способ определения замедления многоосного автомобиля на основе реализуемых сцеплений его колес и расположения координаты центра масс / Д.Н. Леонтьев, А.Н. Туренко, В.А. Богомолов // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сборник научных трудов. – Харьков: ХНАДУ. – 2016. – Выпуск № 75. – С. 13–17.

5. Леонтьев, Д.Н. Определение продольной реализуемой силы сцепления автомобильного колеса с опорной поверхностью по крутильной деформации шины и ее жесткости / Д.Н. Леонтьев, Л.А. Рижих, А.В. Быкадоров // Журнал Автомобильная промышленность. – 2014. – Вып. № 10. – С. 20–24.

6. Леонтьев, Д.Н. Влияние алгоритмов работы автоматических систем на эффективность торможения транспортного средства / Д.Н. Леонтьев // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сборник научных трудов. – Харьков: ХНАДУ. – 2013. – Вып. № 61-62. – С. 158–161.

7. Исследование качения автомобильного колеса с максимальной эффективностью в тормозном режиме: сборник научных трудов / Д.Н. Леонтьев [и др.] // Автомобильный транспорт. – 2011. – Вып. № 29. – С. 23–28.

8. Системы автоматического регулирования и практическая реализация алгоритма управления их исполнительными механизмами / Д.Н. Леонтьев [и др.] // Вестник национального технического университета «ХПИ»: сборник научных трудов. Тематический выпуск: Транспортное машиностроение. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2009. – № 47. – С. 9–18.

УДК 629.113

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КУРСОВОЙ
УСТОЙЧИВОСТИ ДВИЖЕНИЯ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ
EXPERIMENTAL STUDY OF THE STABILITY OF MOTION
OF THE CAR**

Макаров В.А., доктор технических наук, профессор, доцент кафедры
«Техническая эксплуатация автомобилей»,
(Белорусский Национальный технический университет);

Волохов А.С., кандидат технических наук;

Фисенко К.С., кандидат технических наук

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Ростовский государственный университет путей
сообщения» (ФГБОУ ВО «РГУПС»))

Makarov V., Doctor of technical Sciences
(Belarusian National Technical University);

Volokhov A., Candidate of Technical Sciences;

Fisenko K., Candidate of Technical Sciences
(Rostov State Transport University)

Аннотация. *Предлагается использование диагностического прибора для экспериментального определения характеристик движения автомобиля, а также последующего расчета показателей курсовой устойчивости движения транспортного средства. Приведен сравнительный анализ измеренных и расчетных параметров*

Abstract. *To the subject of the experimental study on a course firmness of a car movement. The use of a diagnostic device is offered for experimental determination of a car movement characteristics. It also can be used for further calculation of indexes of a course firmness of a vehicle movement. The comparative analysis of measuring and calculating parameters is provided.*

Введение

Предлагается использование диагностического прибора для экспериментального определения характеристик движения автомобиля, а также последующего расчета показателей курсовой устойчивости движения транспортного средства. Приведен сравнительный анализ измеренных и расчетных параметров

Постановка проблемы – легковой автомобиль, динамично движется в транспортному потоке, должен иметь рациональное силовое взаимодействие транспортного средства (ТС) с дорогой, для получения допустимых

значений показателей курсовой устойчивости движения (КУД). Одним из путей обеспечения заданного уровня обозначенной устойчивости является адаптация эластичных колесных движителей с неравномерной и изменяемой жесткостью к автомобилю с конкретными массовыми и геометрическими характеристиками, что обуславливается предыдущими теоретическими расчетами, а также окончательной экспериментальной проверкой КУД.

Основная часть

Анализ последних работ [1], [2] позволяет сделать выводы о необходимости дальнейшего исследования курсовой устойчивости движения легкового автомобиля со взаимной проверкой теоретических и экспериментальных данных.

Цель исследования – обоснование возможности использования диагностического прибора для измерения параметров КУД автомобиля.

При выполнении исследования решались следующие задачи:

- проведение в дорожных условиях экспериментального измерения параметров, характеризующих КУД автомобиля;
- определение параметров КУД путем расчетов по формулам;
- сравнение результатов экспериментального и расчетного исследований показателей КУД.

В процессе исследования использован метод оценки устойчивости ТС, приведенный в источнике [1]. Для анализа устойчивости движения использована «велосипедная» математическая модель (ММ).

Выполнен вид испытания «круговое движение» с внешним радиусом поворота 25 м (рисунок 1).

Во время испытания выполнен заданный разметкой маневр с постепенным увеличением скорости автомобиля от заезда к заезду. Транспортное средство вводилось в режим установившегося (стационарного) движения и выполнялось измерение ряда значимых параметров, обуславливающих показатели КУД [1].

Из графического анализа ММ (см. рисунок 1), выполненного с учетом масштабного коэффициента, определяются величины отрезков AD и DB:

$$AD = 0,65l; \quad DB = 0,35l,$$

где l – база автомобиля, характеризующаяся отрезком АВ.

Выполнены тригонометрические расчеты. Радиусы точек D , C , и B , соответственно, равны:

$$R = \left[R_A^2 - (0,65 \cdot l)^2 \right]^{\frac{1}{2}};$$

$$R_C = \left[R^2 + (0,65 \cdot l - a)^2 \right]^{\frac{1}{2}}; \quad R_B = \left[R^2 + (0,35 \cdot l)^2 \right]^{\frac{1}{2}}.$$

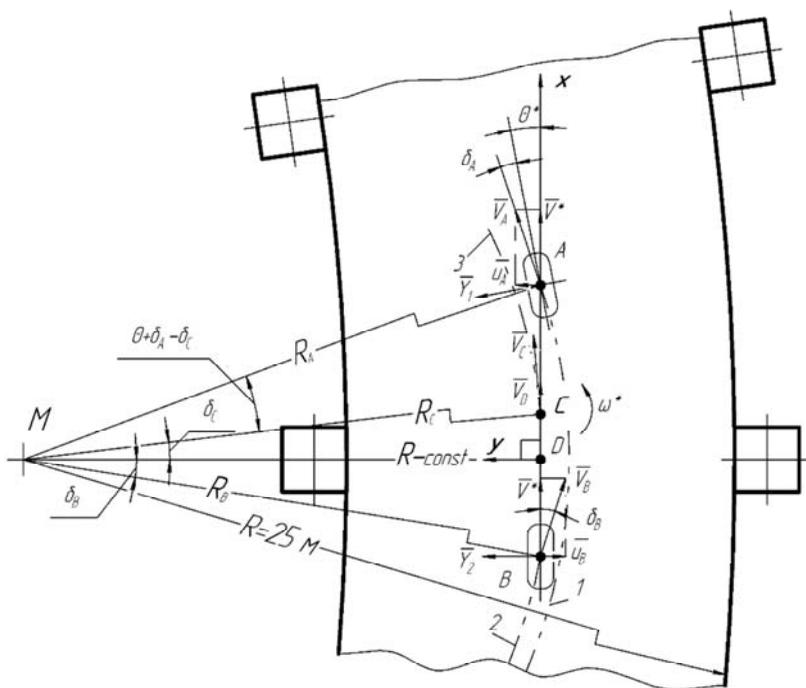


Рисунок 1 – «Велосипедная» математическая модель движения автомобиля по кругу на поверхности, которая размечена согласно схеме испытаний «круговое движение»

Углы увода центра масс и задней оси, соответственно, равны:

$$\arccos(\delta_C) = \frac{R_C^2 + R^2 - (0,65 \cdot l - a)^2}{2R_C \cdot R};$$

$$\arccos(\delta_B) = \frac{R_B^2 + R^2 - (b - 0,35 \cdot l)^2}{2R_B \cdot R}.$$

Угол увода передней оси определен из двух различных формул

$$\delta_A = \arctg\left(\frac{0,65 \cdot l}{R}\right) - \theta;$$

$$\delta_A' = \theta - \arctg \frac{u + a \cdot \omega}{v}.$$

Определены статистические показатели для измеренных и расчетных значений совокупностей параметров и приведены в таблице 1. Они совпадают с данными работы [2].

Таблица 1 – Статистические показатели

Угол поворота колеса, град.	Наименование параметра		Среднее значение, — a_y	Среднее квадратичное отклонение	Коэффициент вариации
10,37	Боковое ускорение, м/с ²	экспериментальное	4,0798	0,7597	0,1862
		расчетное	3,6755	0,9520	0,2590
	Угловая скорость, рад/с	экспериментальное	0,4043	0,0517	0,1280
		расчетное	0,3892	0,0983	0,2526

После расчета углов увода по формулам 2 и 3 получены следующие значения: $\delta_C = 1,3863$ град.; $\delta_B = 1,3852$ град.; $\delta_A = 5,9938$ град.

Адекватность предварительных результатов также подтверждается формулой Аккермана:

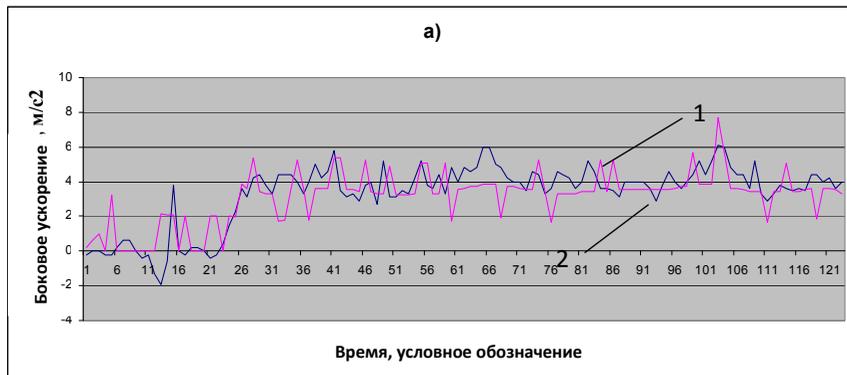
$$\theta + \delta_B - \delta_A = \frac{1}{R}.$$

После подстановки геометрических параметров получено следующее соотношение $0,1006 \approx 0,1177$, из которого следует, что разность равняется $\Delta = 0,0171$, а относительная погрешность составила 16 %.

На рисунке 2 приведены зависимости бокового ускорения центра масс автомобиля и угловой скорости от времени при перемещении автомобиля по кругу с регламентированным внешним радиусом поворота $R_{\text{внеш}} = 25$ м.

Исследование показателей КУД выполнено согласно алгоритму, который приведен на рисунке 3 в виде блок-схемы.

В операторе 1 выполняется ввод измеренных значений параметров (ОП) с помощью диагностического прибора Tech – 2.



1 – график, построенный по измеренным данным;
2 – график, построенный по рассчитанным данным

Рисунок 2 – Зависимости бокового ускорения центра масс автомобиля (а) и угловой скорости (б) от времени



Рисунок 3 – Блок-схема алгоритма исследования показателей КУД автомобилей

Выводы

Показатели курсовой устойчивости движения полученные с помощью диагностического прибора Tech – 2 в условиях перемещения автомобиля по схеме испытаний «круговое движение». Статистические показатели совокупностей измеренных параметров свидетельствуют о небольшом рассеивание значений бокового ускорения и угловой скорости движения, характеризуются максимальным коэффициентом вариации 0,21. Расчетные и измеренные значения параметров идентичны, однако следует выполнить дополнительные мероприятия для обеспечения стационарности движения и использования более информативных измерительных комплексов.

Литература

1. Вербицкий В.Г. О подходе к определению параметров увода шин при стационарном движении легкового автомобиля по окружности / В.Г. Вербицкий, В.А. Макаров, Р.А. Кулиев // Вестник ДонНАБА. – Вып. 5(67). – Макеевка, 2007. – С. 106–111.

2. До питання експериментального дослідження характеристик курсової стійкості СРР легкового автомобіля під час його руху по колу / В.А. Макаров [і інш.] // Вісник ДААТ. – № 4 – Донецьк, 2008. – С.48–56.

УДК 629.113.004

РАСЧЕТ ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПРИ РАБОТЕ КАРЬЕРНЫХ САМОСВАЛОВ

CALCULATION OF EMISSIONS OF HARMFUL SUBSTANCES IN THE ENVIRONMENT DURING THE WORK OF DUMP TRUCKS

Поклад Л.Н., кандидат технических наук, доцент;
Иванис П.В., старший преподаватель
(Белорусский национальный технический университет)

Poklad L.N., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
Ivanis P.V., Senior Lecturer
(Belarusian National Technical University)

Аннотация. *Разработана методика расчета выбросов токсичных веществ с отработавшими газами при работе карьерных самосвалов с учетом глубины карьера, периода года эксплуатации, грузоподъемности автомобиля. Представлены результаты расчета для различных условий работы автомобилей.*

Abstract. *The method of calculation of blowouts of toxic substances with the fulfilled gases during the work of dump trucks taking into account depth of a pit, the period of year of operation, car loading capacity is developed. Results of calculation for various operating conditions of cars are presented.*

Для грузовых автомобилей работающих в городских и загородных условиях массовый выброс вредных веществ (оксида углерода, углеводорода, двуокси азота, сажи, диоксида серы, бензп(а)-пирена, альдегидов) рассчитывается по выражению:

$$M_i = Q_T Y_{ci} K_{уд} K_{сэ},$$

M_i – массовый выброс i -го загрязняющего вещества, тонн;

Q_T – суммарный расход топлива при движении за расчетный период, т;

Y_{ci} – удельное содержание i -го компонента в отработавших газах, т;

$K_{уд}$ – коэффициент, учитывающий изменения выбросов загрязняющих веществ в зависимости от условий движения;

$K_{сэ}$ – коэффициент, учитывающий срок эксплуатации автомобиля.

Данная методика [1] не учитывает условия эксплуатации карьерных самосвалов. Предлагается при расчете выбросов вредных веществ в отработавших газах карьерных самосвалов учитывать глубину карьера, период года эксплуатации, грузоподъемность самосвала [2, 3].

Для этого вводятся рассчитанные поправочные коэффициенты, которые разработаны для всех основных вредных компонентов, выделяющихся с отработавшими газами карьерных самосвалов.

Поправочные коэффициенты, учитывающие глубину карьера, период года эксплуатации и грузоподъемность самосвала приведены в таблицах 1, 2, 3.

Таблица 1 – Коэффициенты, учитывающие глубину карьера

Глубина карьера, м	Углерода оксид (CO)	Углеводороды (CH)	Азота двуокись (NO ₂)	Сажа (C)
200	1,35	1,03	1,50	1,00
300	1,37	1,05	1,80	1,10
400	1,38	1,08	2,20	1,30
500	1,40	1,10	2,50	1,30

Таблица 2 – Коэффициенты, учитывающие период года

Период года	Углерода оксид (CO)	Углеводороды (CH)	Азота двуокись (NO ₂)	Сажа (C)
Теплый	1,00	1,00	1,00	1,00
Переходный	1,20	1,06	1,00	1,13
Холодный	1,24	1,18	1,00	1,25

Таблица 3 – Коэффициенты, учитывающие грузоподъемность самосвала

Грузоподъемность, т	Углерода оксид (CO)	Углеводороды (CH)	Азота двуокись (NO ₂)	Сажа (C)
42	1,19	1,20	1,19	1,42
80	2,23	2,24	2,23	2,21
120	4,94	2,78	2,76	3,29
180	6,45	4,91	4,89	5,79

Расчеты выбросов вредных веществ выполнены с помощью программы «Расчет выбросов БЕЛАЗ».

Расчеты для карьерных самосвалов различной грузоподъемности, срока эксплуатации – от 3 до 7 лет, периодов года – теплый, количества израсходованного топлива – 400 литров проведены в таблицах 4, 5, 6.

Таблица 4 – Значение вредных выбросов от передвижения самосвалов в зависимости от глубины карьера

Грузоподъемность самосвала: 42 тонны				
Глубина карьера, м	Загрязняющее вещество			
	Углерода оксид (CO)	Углеводороды (CH)	Азота двуокись (NO2)	Сажа (C)
200	15,5	2,5	21,0	0,6
300	15,7	2,5	25,2	0,6
400	15,8	2,6	30,8	0,7
500	16,1	2,6	35,0	0,7
600	16,2	2,7	39,2	0,8
Грузоподъемность самосвала: 80 тонн				
Глубина карьера, м	Загрязняющее вещество			
	Углерода оксид (CO)	Углеводороды (CH)	Азота двуокись (NO2)	Сажа (C)
200	29,0	4,6	39,3	0,9
300	29,4	4,7	47,2	1,0
400	29,7	4,8	57,7	1,2
Грузоподъемность самосвала: 120 тонн				
Глубина карьера, м	Загрязняющее вещество			
	Углерода оксид (CO)	Углеводороды (CH)	Азота двуокись (NO2)	Сажа (C)
200	64,3	5,7	48,7	1,3
300	65,2	5,8	58,4	1,4
400	65,7	6,0	71,4	1,7
500	66,7	6,1	81,1	1,7
600	67,1	6,2	90,9	1,8

Результаты расчетов для самосвалов, имеющих различную грузоподъемность и эксплуатируемые в разный период представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Расчеты вредных выбросов в зависимости от периода года и грузоподъемности самосвала

Загрязняющее вещество: оксид углерода			
Грузоподъемность, т	Период года		
	Теплый	Переходный	Холодный
1	2	3	4
42	15,83	18,99	19,63
80	29,66	35,59	36,78
120	65,70	78,85	81,47
180	85,79	102,95	106,38

Окончание таблицы 5

1	2	3	4
Загрязняющее вещество: углеводород			
Грузоподъемность, т	Период года		
	Теплый	Переходный	Холодный
42	2,58	2,74	3,05
80	4,82	5,11	5,69
120	5,99	6,35	7,07
180	10,58	11,21	12,48
Загрязняющее вещество: двуокись азота			
Грузоподъемность, т	Период года		
	Теплый	Переходный	Холодный
42	30,78	30,78	30,78
80	57,68	57,68	57,68
120	71,39	71,39	71,39
180	126,49	126,49	126,49
Загрязняющее вещество: сажа			
Грузоподъемность, т	Период года		
	Теплый	Переходный	Холодный
42	0,74	0,84	0,92
80	1,15	1,30	1,44
120	1,71	1,94	2,14
180	3,02	3,41	3,77

Результаты расчетов для самосвалов, имеющих различный срок эксплуатации проведены в таблице 6.

Таблица 6 – Расчеты вредных выбросов в зависимости от срока эксплуатации

Срок эксплуатации автомобиля	Углерода оксид (CO)	Углеводороды (CH)	Азота двуокись (NO ₂)	Сажа (C)
До 3 лет	10,99	2,13	30,77	0,51
От 3 до 7 лет	13,19	2,34	30,77	0,61
От 7 до 10 лет	16,48	2,66	30,77	0,76
Свыше 10 лет	18,74	3,16	30,77	0,89

Также выполнен сравнительный анализ отечественного карьерного самосвала «BELAZ» с зарубежными аналогами «CATERPILLAR» и «LIEBHERR» по количеству удельных выбросов вредных веществ в зависимости от глубины карьера.

Данные анализа приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Удельная масса приведенных выбросов загрязняющих веществ, кг/100 км

Глубина карьера, м	BELAZ-75131	CAT-785	LIEBHERR T264
0	37,23	34,16	30,57
50	40,74	37,43	31,54
80	42,03	38,11	34,63
110	43,16	39,68	35,58

Выводы

Разработанные методика и программные средства для расчета выбросов вредных веществ при работе карьерных самосвалов могут использоваться при мониторинге окружающей среды, исчислении экологического налога и выполнении иных мероприятий по охране атмосферного воздуха.

Литература

1. Экология и ресурсосбережение на транспорте: уч. / М.М. Болбас [и др.]; под ред. М.М. Болбаса. – Минск: Адукацыя і выхаванне. – 2011. – 296 с.
2. Мариев, П.Л. Карьерный автотранспорт: состояние и перспективы: учебное издание / П.Л. Мариев, А.А. Кулешов, А.Н. Егоров, И.В. Зырянов. – СПб.: Наука. – 2004. – 429 с.
3. Мариев, П.Л. Карьерный автотранспорт стран СНГ в XXI веке: учебное издание / П.Л. Мариев, А.А. Кулешов, А.Н. Егоров, И.В. Зырянов. – СПб.: Наука. – 2006. – 387 с.

УДК 629.113

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КУРСОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ДВИЖЕНИЯ

HARAKTERISTIKS OF INDIKATORS STABILITY THE MOVEMENT

Макаров В.А., профессор, доктор технических наук;
Шикунов Е.М., Соломонов Д.Г., магистранты
(Белорусский национальный технический университет)

Makarov V.A., Professor, Doctor of Technical Science;
Shikunov E.M., Solomonov D.H., Graduate Student
(Belarusian National Technical University)

Аннотация. *Приведен анализ фазовых портретов, которые используются для характеристики курсовой устойчивости движения автомобиля*

лей. Рассмотрено совместное использование диаграммы бифуркационного множества и фазового портрета.

Abstract. *The analysis of phase portraits, which are used to characterize the directional stability of the vehicle was cited. Considered sharing bifurcation set diagram and phase portraits.*

Введение

С ростом товарообмена и подвижности населения значимо повышается интенсивность перемещения транспортных потоков автомобилей (ТПА) по дорогам экономически развитых государств, между странами и континентами. Для ТПА характерны следующие особенности:

- случайное формирование потока, включающего различные грузовые АТС, автобусы и легковые автомобили;
- существенно разные скорости движения объектов в потоке;
- различные уровни курсовой устойчивости участников движения, их маневренности и поворачиваемости.

Упомянутые последними эксплуатационные показатели во многом определяют уровень аварийности при движении совокупности АТС. Недостаточно изучены характеристики курсовой устойчивости движения (КУД) автомобиля, а также связи между ними. Поэтому ниже приведены основные сведения на примере движения автомобилей категории М1.

Общая характеристика устойчивости стационарного режима движения (СРД) следующая – устойчивый, если после действия возмущающих влияний этот режим восстанавливается.

Анализ фазовых портретов, полученных для характерных точек диаграммы бифуркационного множества

С использованием графоаналитического метода, осуществляется построение бифуркационной диаграммы (БМ): площадь управляемых параметров θ и ν разделяется на области с разным количеством стационарных режимов движения (рисунок 1).

На диаграмме число СРД обозначено цифрами, которые проставлены в кругах. Анализ приведенного показателя КУД выполняется ниже. В рассмотренном случае имеются 4 и 2 СРД, соответственно, в запертой плоскости фигуры $A_2A_3A_4$, а также выше, ниже, справа от обозначенной фигуры. Налево от точки A_2 размещается область, которая не содержит никакого СРД.

Такое, несимметричное относительно оси ординат БМ, относится к случаю, когда модель автомобиля является несимметричной относительно горизонтальной оси, которая проходит через центр масс. Обозначенная бифуркационная диаграмма для асимметричной модели является сечением

поверхности «ласточкин хвост»: максимальное количество СРД – 4, при переходе границы количество стационарных состояний изменяется на 2. Несимметричность БМ обусловлена наличием постоянно действующих дополнительных возмущающих факторов: боковой силы и момента. Кроме того, в данном случае, не определяется однозначно величина критической скорости. Величина $V_{кр}$ прямолинейного движения приближенно равняется ординате одной из точек обострений.

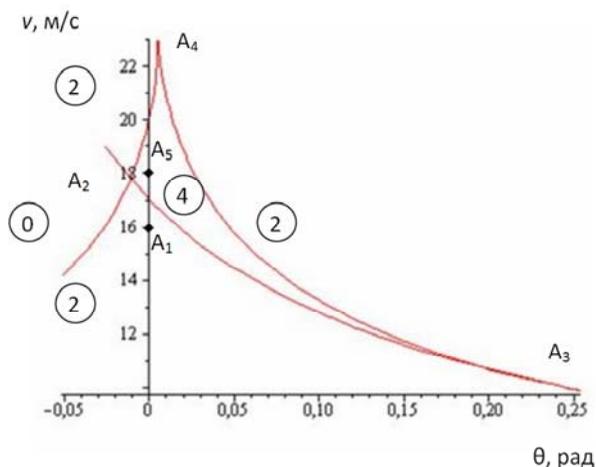


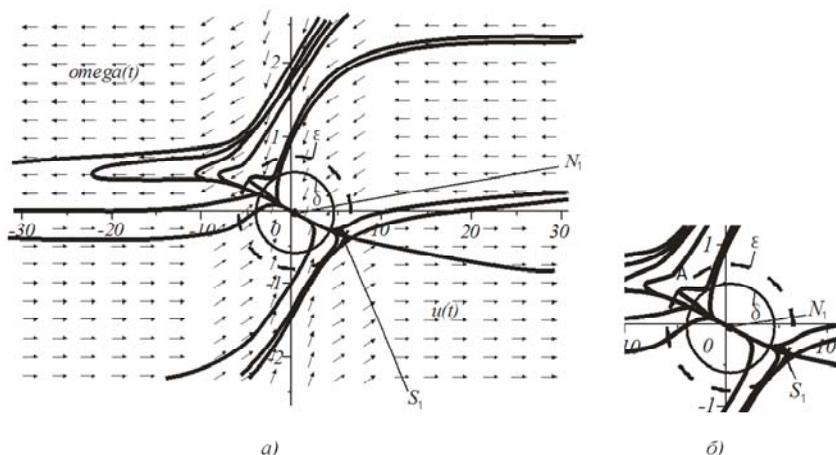
Рисунок 1 – Диаграмма бифуркационного множества

На этапе анализа первого показателя КУД, можно сделать один окончательный вывод относительно заносоопасности области, которая не имеет никакого СРД [1].

Для получения более подробной информации нужно построить фазовые портреты и траекторию центра масс автомобиля в плоскости дороги [2]. Первый фазовый портрет построен для точки A_1 БМ, в которой $\theta = 0$ и $v = 16$ м/с. Согласно рисунку 1 точка A_1 размещена в области, где существуют два СРД: один устойчивый, а второй – неустойчивый (рисунок 2).

Обозначенный ФП содержит устойчивый узел N_1 (устойчивый круговой режим) и седло S_1 (неустойчивый круговой режим). Область устойчивости ограничивают сепаратрисы, что позволяет обозначить зону притяжения устойчивого СРД. В окрестности устойчивого узла N_1 можно построить круг, который ограничивает δ – окрестность обозначенной точки N_1 и содержит фазовые траектории, которые (в качестве начальных условий), не могут покидать ε – окрестность устойчивого узла. Например, траектория A ,

которая при начальных условиях в точке ее соприкосновения с окружностью δ – области, смещается дальше от точки N_1 , но не покидает ε – окрестности. Переходной процесс заканчивается в узле N_1 . Вид графика траектории и время движения по указанной траектории к узлу N_1 , обусловлены конкретными техническими характеристиками автомобиля и его эластичного двигателя. Таким образом, сформирована область притяжения точки N_1 , которая определяет техническую устойчивость СРД.



a – фазовый портрет в целом; *б* – фрагмент ФП в окрестности точки N_1

Рисунок 2 – Фазовая плоскость, относительно точки A_1 БМ

Траектория центра инерции асимметричной модели автомобиля отвечает устойчивому узлу (устойчивый круговой режим в точке N_1). Иллюстрация с изменением этой траектории приведена на рисунке 3. Размерность числовых осей $xс$ и $ус$ выполнена в метрах.

Начальные значения фазовых возмущений равняются нулю.

Следующий ФП (рисунок 4) построенный для условий БМ в точке A_5 находится в области, в которой существуют 4 стационарные режима движения одновременно: 2 устойчивые и 2 неустойчивые. Устойчивый узел N_1 (устойчивый круговой режим); устойчивый фокус F_1 (устойчивый круговой режим, который отделен от начала координат). Седло S_1 и седло S_2 характеризуют неустойчивые круговые режимы.

Для характеристики оценки устойчивости СРД «в большом», намечается круг в окрестности точки N_1 . Все траектории, которые имеют начальные условия в области δ , должны не покидать ε -окрестность точки N_1 . Особен-

ности обозначенного фазового портрета обуславливаются тождественностью δ - и ε -окрестностей (рисунок 4), а также определяются конструкцией автомобиля с конкретными эластичными двигателями.

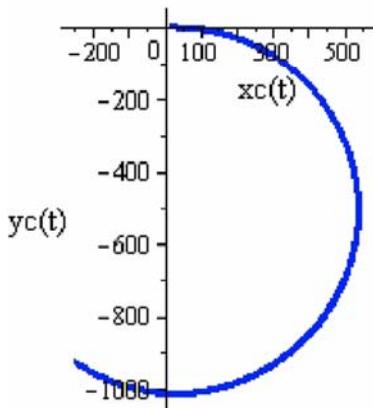
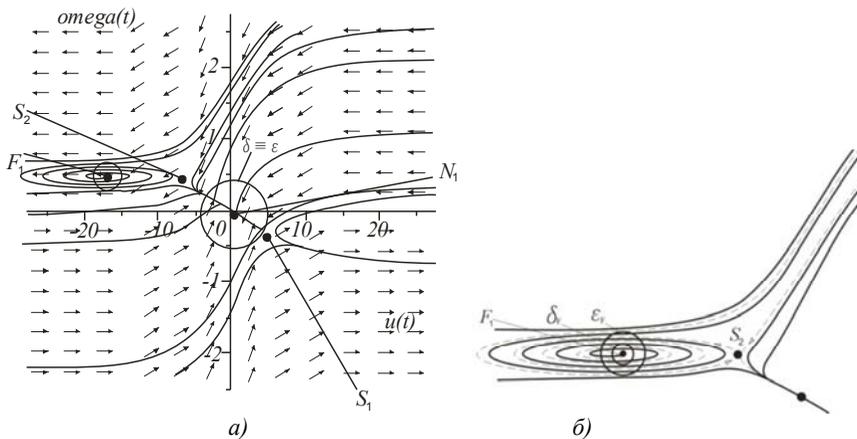


Рисунок 3 – Траектория центра масс автомобиля в плоскости дороги (случай N_1), м

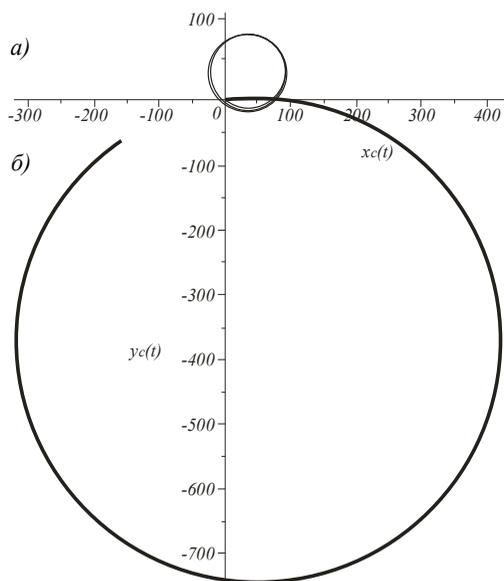


a – фазовая плоскость в целом;
 b – фрагмент фазовой плоскости в окрестности устойчивого фокуса F_1 .

Рисунок 4 – Фазовая плоскость относительно точки A_5 БМ

Фазовые траектории в окрестности фокуса F_1 имеют неблагоприятную форму, которая усложняет формирование δ - и ε -окрестностей точки F_1 .

Траектории движения центра масс автомобиля в устойчивых точках F_1 и N_1 приведены на рисунке 5. Размерность числовых осей $x_c(t)$, $y_c(t)$ выполнены в метрах.



a – в устойчивом фокусе F_1 ; b – в устойчивом узле N_1

Рисунок 6 – Траектории центра масс автомобиля во время стационарного режима движения, м

Выводы

1. Диаграмму бифуркационного множества можно использовать как репрезентативный показатель курсовой устойчивости стационарного режима движения автомобиля, который позволит выполнить анализ и улучшение КУД.
2. Во время исследования диаграммы нужно учитывать количество СРД и число устойчивых и неустойчивых стационарных режимов движения в отдельных зонах.
3. Существуют виды диаграмм бифуркационного множества, которые больше склоняются к наличию устойчивых СРД. Но для конкретных количественных выводов нужно рассматривать фазовые плоскости в отдельных точках бифуркационного множества.

4. Анализ фазовых портретов позволяет определить δ - и ε - окрестности точек устойчивых СРД, и, тем самым, перейти к устойчивости в большем: учитывать параметры конкретного автомобиля и переходные процессы с обозначенными эластичными двигателями.

Литература

1. Макаров, В.А. Наукові основи поліпшення курсової стійкості руху легкового автомобіля: автореф. дис. ...д-ра техн. наук 05.22.02 / В.А. Макаров. – Київ, 2011.

2. Петров, О.В. Поліпшення показників курсової стійкості руху транспортних засобів з урахуванням технічного стану їх шин: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.02 / О.В. Петров. – Київ, 2008 – 20 с.

УДК 621.431.73-729.5.001.57

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЖИДКОСТНО- МАСЛЯНЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ ДЛЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

APPLICATION OF THE METHOD MATHEMATICAL MODELLING AT DESIGN OF LIQUID AND OIL HEAT EXCHANGERS FOR VEHICLES

Николаевич А.И., кандидат технических наук, доцент;
Буяшов В.П., кандидат технических наук, доцент
(Белорусский национальный технический университет)

Nikolaevich A.I., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
Buyashov V.P., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
(Belarusian National Technical University)

Аннотация. В статье приведена методика математического моделирования для создания типоразмерного ряда жидкостно-масляных теплообменников (ЖМТ) для двигателей автотранспортных средств. Указывается, что по результатам математического моделирования и выполненных на ЭВМ расчетов составлены таблицы и построены номограммы, с помощью которых были определены основные теплогидравлические и конструктивные параметры ЖМТ для двигателей автотранспортных средств. Это обеспечивает значительное сокращение времени и трудозатрат на разработку (проектирование) ЖМТ для двигателей автотранспортных машин.

Abstract. *The technique of mathematical modeling for creation of a tiporazmerny number of the liquid and oil heat exchangers (LOHE) for engines of vehicles is given in article. It is specified that by results of mathematical modeling and calculations executed on the COMPUTER tables are made and nomograms by which the key teplogidravli-chesky and design data of ZhMT for engines of vehicles have been determined are constructed. It provides considerable reduction of time and labor costs on development (design) of ZhMT for engines of motor transportation cars.*

Введение

Создание совершенных конструкций теплообменных аппаратов авто-тракторного типа невозможно без повышения точности конструкторских расчетов. Традиционные единичные методы расчета имеют существенные недостатки. Во-первых, это большая трудоемкость конструкторского расчета теплообменных аппаратов при создании каждой модели автотранспортного средства вместо выбора аппаратов из типоразмерного ряда со всеми необходимыми параметрами. Во-вторых, значительные затраты времени на разработку (проектирование) и расчет теплообменных аппаратов. Поскольку в настоящее время отсутствует единая методика расчета ЖМТ для двигателей автотранспортных средств, то для расчета их основных параметров типоразмерного ряда была разработана методика теплогидравлического расчета, которая имеет существенные преимущества перед известными разрозненными методиками [1]. Главной отличительной особенностью предлагаемой методики является применение математического (численного) моделирования и эффективного использования технических средств расчета ЭВМ при конкретных краевых условиях задачи. Это обеспечивает значительное сокращение трудоемкости и сроков на проектирование и доводку теплообменных аппаратов.

Основная часть. Теоретические исследования по созданию типоразмерного ряда ЖМТ

Охлаждение смазочного масла в современных автотракторных и комбайновых двигателях в основном осуществляется с помощью воздушно-масляных радиаторов [2]. В последние годы наметилась определенная тенденция к переходу от традиционных воздушно-масляных радиаторов к жидкостно-масляным теплообменникам ЖМТ, в которых охлаждение смазочного масла производится непосредственно охлаждающей жидкостью [2, 3]. Это объясняется рядом преимуществ, имеющих место при использовании ЖМТ: снижаются габаритные и массовые показатели теплообменника; обеспечивается более стабильная температура масла, близкая к оптимальной, вне зависимости от режимов и условий эксплуатации двигателя; исключается воздей-

ствие низких температур окружающего атмосферного воздуха непосредственно на масло; упрощается техническое обслуживание автотранспортной машины из-за более свободного доступа для очистки внешних поверхностей жидкостного радиатора и т.д. Поэтому на зарубежных двигателях автотракторного типа с жидкостным охлаждением такие теплообменники нашли широкое применение. Применение ЖМТ не вызывает дополнительных компоновочных затруднений, его конструкция пластинчато-ребристого (блочного) типа выполнена из алюминиевых сплавов. Дано технико-экономическое обоснование целесообразности их применения на двигателях технических систем. При создании теплообменников была разработана методика теплогидравлического расчета с использованием персональных ЭВМ [1].

Основной величиной при расчете теплообменных аппаратов является активная поверхность охлаждения F_T , которая определяется из формулы Ньютона:

$$Q = F_T k \Delta T, \quad (1)$$

где Q – количество теплоты, отводимое от смазочного масла в двигателе автотранспортного средства (из теплового баланса), кВт;

F_T – активная поверхность охлаждения теплообменника, м²;

k – коэффициент теплопередачи между двумя средами (например, между охлаждающей жидкостью и смазочным маслом двигателя автотранспортного средства, кВт/(м²·К);

$\Delta T^{\text{лог}}$ – средний логарифмический температурный перепад между охлаждающей жидкостью и смазочным маслом, К.

Тогда

$$F_T = Q / (k \Delta T^{\text{лог}}). \quad (2)$$

Общий коэффициент теплопередачи (теплоотдачи) между охлаждающей жидкостью и смазочным маслом двигателя автотранспортного средства определялся по зависимости

$$k = (\alpha_{\text{ж}} + \alpha_{\text{м}}) / (\alpha_{\text{ж}} \alpha_{\text{м}}), \quad (3)$$

где $\alpha_{\text{м}}$ – коэффициент теплоотдачи от смазочного масла двигателя к стенке теплообменника, кВт/(м²·К);

$\alpha_{\text{ж}}$ – коэффициент теплоотдачи от стенки теплообменника к охлаждающей жидкости (воде, антифризу, тосолу и т.д.), кВт/(м²·К).

На рисунке 1 приведены графические зависимости коэффициентов теплоотдачи $\alpha_{\text{ж}}$ и $\alpha_{\text{м}}$ от скорости движения теплоносителей охлаждающей жидкости $V_{\text{ж}}$ и смазочного масла $V_{\text{м}}$ по каналам теплообменника.

Коэффициенты теплоотдачи для двигателей автотранспортных средств [1, 2]:

– дизели – $\alpha_{ж} = 6,97-9,3$ кВт/(м²·К) при скорости охлаждающей жидкости $V_{ж} = 0,1-0,5$ м/с; $\alpha_{м} = 1,4-2,6$ кВт/(м²·К) при скорости масла $V_{м} = 0,2-0,8$ м/с [1, 2].

– карбюраторные двигатели – $\alpha_{ж} = 7,3-8,6$ кВт/(м²·К) при скорости охлаждающей жидкости $V_{ж} = 0,3-0,7$ м/с; $\alpha_{м} = 2,1-4,8$ кВт/(м²·К) при скорости масла $V_{м} = 0,2-0,9$ м/с.

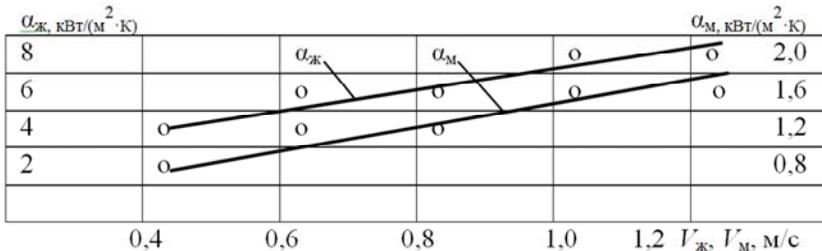


Рисунок 1 – Зависимости коэффициентов теплоотдачи от скорости движения жидкости и масла по каналам теплообменника

Средний логарифмический температурный перепад между охлаждающей жидкостью и смазочным маслом определяется по формуле

$$\Delta T^{\text{лог}} = \ln [(T^{\text{вх.м}} + T^{\text{вых.м}})/(T^{\text{вх.ж}} + T^{\text{вых.ж}})], \quad (4)$$

где $T^{\text{вх}}$ – температура среды (масла и жидкости) на входе в теплообменник;
 $T^{\text{вых}}$ – температура среды (масла и жидкости) на выходе из теплообменника.

Гидравлическое сопротивление определялось по зависимости:

$$\Delta P_{\text{Т}} = \Delta P_{\text{ТР}} + \Delta P_{\text{МЕСТ}}, \quad (5)$$

где $\Delta P_{\text{Т}}$ – полное гидравлическое сопротивление, МПа;
 $\Delta P_{\text{ТР}}$ – гидравлическое сопротивление трению (по длине), МПа;
 $\Delta P_{\text{МЕСТ}}$ – местные гидравлические сопротивления, МПа.

$$\Delta P_{\text{ТР}} = \lambda(l/d) \times (V^2/2g), \quad (6)$$

где λ – коэффициент гидравлического трения;
 l – длина участка;
 d – диаметр трубы (сечение канала);
 V – средняя скорость потока.

$$\Delta P_{\text{мест}} = \xi (v^2/2g), \quad (7)$$

где ξ – коэффициент местного сопротивления (коэффициент местных потерь напора, который зависит только от вида местного сопротивления);

v – средняя скорость потока, которая обычно берется в сечении после местного сопротивления;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

Значения коэффициентов местных сопротивлений определяют на основании опытных данных с помощью формул.

Составив алгоритм математического (численного) моделирования основных теплогидравлических и конструктивных параметров и, производя расчет на ПК, были составлены таблицы и построена номограмма параметров типоразмерного ряда ЖМТ автотранспортных средств. Номограмма основных параметров теплообменников приведена на рисунке 2.

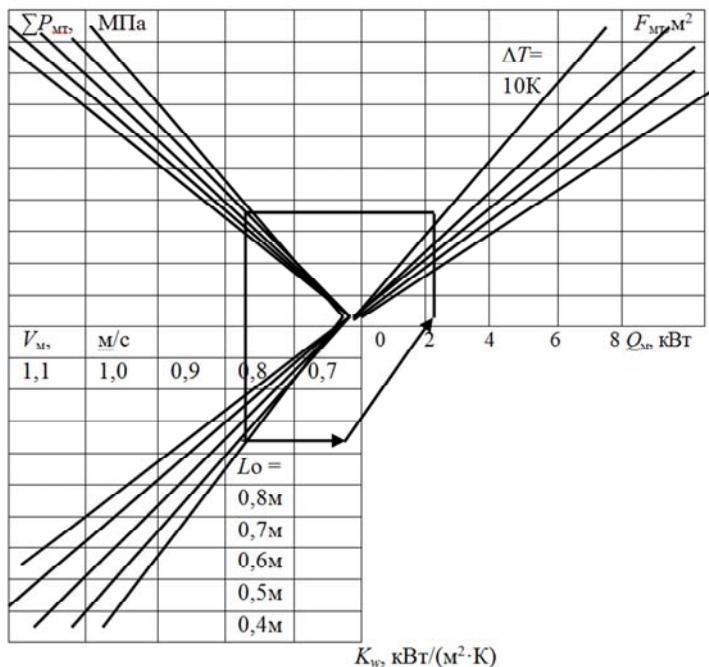


Рисунок 2 – Номограмма для определения активной поверхности теплообмена по маслу ($F_{\text{МТ}}$) и гидравлического сопротивления ($P_{\text{МТ}}$) ЖМТ автотранспортных средств

По приведенной номограмме можно определять основные теплогидравлические и конструктивные параметры теплообменников автотранспортных средств. Стрелками показано определение теплогидравлических показателей теплообменников для двигателей автотранспортных средств.

Заключение

На основании полученных результатов теоретических исследований представляется возможным сделать следующие выводы:

1. Традиционные единичные методы расчета имеют существенные недостатки: большая трудоемкость конструкторского расчета теплообменных аппаратов при создании каждой модели автотранспортной машины вместо выбора аппаратов из типоразмерного ряда со всеми необходимыми параметрами, значительные затраты времени на разработку (проектирование) и расчет теплообменных аппаратов.

2. Применение метода математического моделирования позволило создать параметрический (типоразмерный) ряд ЖМТ, а также сократило время на разработку (проектирование) и доводку теплообменных аппаратов для двигателей автотранспортных машин.

3. По результатам математического моделирования и выполненных на ЭВМ расчетов составлены таблицы и построена номограмма типоразмерного ряда ЖМТ для двигателей автотранспортных средств.

4. Перспективы дальнейших теоретических исследовательских работ в данном направлении состоят в разработке (создании) автоматизированной программы расчета теплообменных аппаратов для двигателей технических систем.

Литература

1. Глушаков, В.С. Применение метода математического моделирование при проектировании жидкостно-масляных теплообменников для тракторных двигателей / В.С. Глушаков, А.И. Якубович, А.И. Николаевич. – М.: ЦНИИТЭИтракторосельхозмаш, 1987. – № 4. – 799 с.

2. Системы охлаждения двигателей сельскохозяйственных тракторов и пути их совершенствования / П.А. Амельченко [и др.] // Сер. Тракторы и двигатели. Вып. 1. – М.: ЦНИИТЭИтракторосельхозмаш, 1990. – 49 с.

3. Николаевич, А.И. Повышение надежности технических систем применением алюминиевых жидкостно-масляных теплообменников / А.И. Николаевич // Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК: сб. докладов республиканской научно-практической конференции на 20-й Международной специализированной выставке «Белагро - 2010», Минск, 10 июня 2010 г. – Минск: «ГИВЦМинсельхозпрода», 2011. – С. 152–156.

**СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ОБЕСПЕЧЕНИЮ
БЕЗОПАСНОСТИ АВТОПЕРЕВОЗОК
SYSTEM APPROACH TO SECURITY SAFETY
AUTO TRANSPORTATION**

Самко Г.А., старший преподаватель
(Белорусский национальный технический университет, г. Минск)

Samko G.A., Senior Lecturer
(Belarusian National Technical University, Minsk)

Аннотация. *В статье излагается методология обеспечения безопасности автоперевозок с позиции системного анализа и предлагаются конкретные возможные формы и методы ее реализации.*

Abstract. *The article describes the methodology for ensuring the safety of road transport from the position of system analysis and suggests specific possible forms and methods for its implementation.*

В Республике Беларусь проблеме обеспечения безопасности автоперевозок уделяется немало внимания, о чем свидетельствует статистический тренд снижения количества дорожно-транспортных происшествий (ДТП). Например, число зарегистрированных ДТП повлекших гибель или ранение людей с 7238 человек в 2008 году ежегодно снижалось и в 2012 году составило – 5187. Но проблема остаётся актуальной – в среднем в ДТП за сутки гибнет 1-2 человека.

С позиций системного подхода проблема безопасности на автомобильном транспорте включает такие составляющие: социальную, экологическую, общественную, организационную, профессиональную, технико-технологическую, физическую, экономическую, архитектурно-строительную, правовую, гражданскую, личностную и морально-нравственную.

С другой стороны безопасность во всех ипостасях неотъемлемая и главенствующая составляющая качества процессов, продукции, услуг и качества жизни в целом. Это означает, что безопасность автоперевозок зависит от качества градостроительных решений, проектирования транспортной сети, автотранспортных средств и качества их обслуживания и ремонта, качества автодорог и дорожной инфраструктуры, качества материально-технической базы и материально-технического, научно-методического и информационного обеспечения отрасли, организации и логистики транспортных процессов, дорожного движения, культуры, нравственности и квалификации персонала. И самое простое, что можно предложить для повышения качества и безопасности по этим направлениям это внедрение

систем менеджмента качества, если только эти мероприятия не станут формальными и бюрократическими.

Автотранспортные средства и объекты перевозки должны отвечать требованиям безопасности и обеспечивать:

- а) антитеррористическую безопасность;
- б) биологическую и микробиологическую, санитарную и эпидемиологическую безопасность;
- в) безопасность излучений;
- г) взрывобезопасность;
- д) механическую безопасность;
- е) пожарную безопасность;
- ж) термическую безопасность;
- з) химическую безопасность;
- и) электрическую безопасность;
- к) электромагнитную безопасность и электромагнитную совместимость в части обеспечения безопасности работы приборов и оборудования;
- и) единство измерений.

Требования по обеспечению безопасности на транспорте состоят также в следующем.

1. Требования по обеспечению безопасности на транспорте разрабатываются и устанавливаются уполномоченными органами государственной власти и являются обязательными для исполнения всеми субъектами транспортной деятельности и пользователями транспортных услуг.

2. Особые требования по обеспечению безопасности на транспорте в период мобилизации, действия военного или чрезвычайного положения, при удовлетворении особо важных государственных и оборонных нужд, перевозке опасных грузов или иных особых перевозках устанавливаются в соответствии с законодательством государства.

3. Лицензирование определённых законодательством видов деятельности, влияющих на безопасность на транспорте, осуществляется в установленном порядке уполномоченным органом исполнительной власти государства.

4. Организация подтверждения соответствия продукции, работ услуг в сфере транспорта требованиям технической безопасности осуществляется в соответствии с законодательством государства. Контроль и надзор за выполнением требований технической безопасности возлагается на специально уполномоченный аккредитованный орган государства.

5. Насубъектов транспортной деятельности может быть возложена обязанность страховать жизнь, здоровье, имущество пассажиров или свою гражданскую ответственность в соответствии с законодательством государства.

6. Органы государственной власти и местного самоуправления, субъекты транспортной деятельности несут ответственность за непрерывность безопасности на транспорте, для чего необходимо постоянно анализировать

ситуацию с безопасностью на автотранспорте, выявлять и устранять недостатки и слабые места, совершенствовать правовые, организационные, информационные, финансово-экономические, материально-технические, инновационные способы и методы обеспечения безопасности на транспорте.

Многогранность проблемы обеспечения безопасности автоперевозок и то, что автомобильный транспорт является подсистемой транспортной системы и наиболее активным участником взаимодействия с другими видами транспорта, обуславливает целесообразность создания, реформирования существующей, системы обеспечения безопасности перевозок, в том числе автоперевозок.

В свою очередь система обеспечения безопасности автоперевозок (СОБАП) может иметь такие подразделения (подсистемы) как:

1. Планирование и организация СОБАП.
2. Реализация процессов СОБАП.
3. Анализ функционирования СОБАП.
4. Регулирование процессов СОБАП.

Цель системы обеспечения безопасности автоперевозок – создания безопасного транспортного пространства и ликвидация тяжёлых случаев ДТП. Задачи и функции подсистем следующие.

Подсистема планирования и организации СОБАП занимается прогнозированием транспортных потоков и их планированием на ближайший год, с учётом возможных экстремальных ситуаций и изысканием резервов для их упреждения или ликвидации с минимальными последствиями для чего просчитываются риски безопасности и даётся оценка уязвимости объектов дорожной инфраструктуры и угрозам безопасности на транспорте. Угрозами безопасности на автотранспорте признаются угрозы техногенного, природного и социального характера.

К угрозам техногенного характера относятся: высокая степень износа технических средств; моральная устарелость технических средств транспорта; конструктивно-производственные недостатки технических средств транспорта.

К угрозам природного характера относятся: неблагоприятные климатические и погодные условия; воздействие внешних непрогнозируемых факторов; стихийные бедствия и катастрофы.

К угрозам социального характера относятся: недостаточная профессиональная подготовка персонала; незаконное вмешательство в деятельность транспортного комплекса; негативное влияние «человеческого фактора».

К мерам по предупреждению и пресечению кризисных ситуаций относят:

- 1) разработку и утверждение планов готовности;
- 2) осуществление постоянного мониторинга и прогнозирования кризисных ситуаций на транспорте;

3) обучение персонала действиям на случай кризисных ситуаций, ознакомления с мероприятиями, предусмотренными планом готовности;

4) создание обязательных резервов финансовых и материально-технических средств для предупреждения, управления ликвидацией и минимизации последствий кризисной ситуации;

5) создание и использование технических средств охраны и наблюдения, создание системы оповещения об угрозе и (или) возникновении кризисной ситуации;

6) организация системы обмена информацией ограниченного доступа.

Обеспечение антитеррористической защищённости объектов дорожного хозяйства, надлежащего качества дорожных покрытий, освещённости дороги с учётом фактора сезонности, разработка и реализация требований по обеспечению безопасности автоперевозок, внедрение мероприятия по организации оптимального режима труда и отдыха водителей на автомагистралях – также входят в задачи и функции данной подсистемы.

Подсистема реализации процессов СОБАП следит за развитием технических средств и систем надзора в сфере обеспечения безопасности дорожного движения и дорожного хозяйства, проводит мониторинг состава и уровня угроз безопасности функционирования автомобильного транспорта. Совершенствует безопасность дорожного движения при перевозке грузов и пассажиров, обеспечивает безопасность перевозок грузов, требующих особых условий. Производит оценку качества технологических процессов на станциях технического контроля (осмотра?) технического состояния автотранспортных средств, экспресс диагностики, придорожных СТО. Эта подсистема проводит всестороннюю экспертизу ДТП, устанавливает конкретные причины ДТП, в том числе, связанные с отказом и неисправностями автомобиля, участвует в создании нормативно-технологической документации по поддержанию и восстановлению автотранспортных средств в исправном техническом состоянии.

Подсистема анализа функционирования СОБАП осуществляет категорирование объектов транспортной инфраструктуры и автотранспортных средств, учёт и сбор статистических данных по ДТП, их анализ, систематизацию и классификацию, подготавливает материалы отчётов и публикаций. Совершенствует правила дорожного движения и его информационное обеспечение, оптимизирует расстановку и номенклатуру знаков дорожного движения с учётом эргономических, психоэмоциональных и эстетических требований обеспечения безопасности автоперевозок. Проводит мониторинг и разрабатывает мероприятия и предложения по сокращению количества ДТП и снижению их тяжести и последствий.

Подсистема регулирования процессов СОБАП анализирует качество функционирования СОБАП, внедряет процессный подход, оптимизирует

взаимодействие между подсистемами СОБАП и между ними и внешней средой, стимулирует экономию материальных ресурсов, обеспечивает подготовку и переподготовку кадров, отлаживает системный комплекс СОБАП на всех стадиях функционирования, организует оперативную обратную связь – воздействие результатов функционирования системы на управленческие решения.

В отношении обеспечения правовой безопасности автоперевозок кроме предусмотренной законом уголовной и административной ответственности в отношении виновника ДТП СОБАП должно наделяться правовыми полномочиями. Например, в случае ДТП со смертельным исходом виновник пожизненно лишается прав на вождение транспортными средствами. Если водитель нарушил правило дорожного движения, права изымаются, и все испытания и процедуры по их получения надо проходить заново. Также СОБАП должен контролировать и обеспечивать качество подготовки водителей всех категорий, осуществлять лицензирование деятельности субъектов дорожной инфраструктуры. В сферу деятельности СОБАП входит также формирование поля прав и обязанностей субъектов транспортной деятельности по обеспечению безопасности автоперевозок, которое в настоящее время представляется следующим образом.

Субъект транспортной деятельности обязан:

разрабатывать и осуществлять меры по обеспечению безопасности на транспорте; разрабатывать и предоставлять уполномоченным организациям государства планы готовности; предоставлять уполномоченным органам информацию и документы, необходимые для выполнения их функций; незамедлительно сообщать уполномоченным органам о возникших угрозах; принимать меры по установлению причин и обстоятельств, возникших на транспортных объектах кризисных ситуаций; иметь необходимые лицензии, разрешения, свидетельства и сертификаты; выполнять предписания, постановления и иные законные требования уполномоченных органов государственной власти; иметь и содержать в исправном состоянии в соответствии с требованиями безопасности на транспорте транспортные объекты; обеспечивать проведение мероприятий по оценке уязвимости и категорированию транспортных объектов; обеспечить подготовку специалистов и персонала в области безопасности на транспорте.

Субъект транспортной деятельности имеет право: в установленном законодательством порядке получить информацию по вопросам безопасности на транспорте; вносить в органы государственной власти предложения по обеспечению безопасности на транспорте.

Субъекты транспортной деятельности несут ответственность за несоблюдение требований безопасности на транспорте в соответствии с законодательством государства.

Система обеспечения безопасности автоперевозок предполагает создание необходимого уровня взаимодействия и сотрудничества с аналогичными системами железнодорожного, воздушного и других видов транспорта, а также с подразделениями безопасности автоперевозок международных организаций и сопредельных стран. При этом необходимо учитывать принятые в международной практике принципы обеспечения безопасности на транспорте, основными из которых являются:

- 1) законность при обеспечении безопасности на транспорте;
- 2) приоритет жизни и здоровья людей, минимизация ущерба и вреда жизни и здоровью;
- 3) соблюдение прав и свобод человека и гражданина при обеспечении безопасности на транспорте;
- 4) сочетание интересов государства, личности и общества, взаимная ответственность государства, личности и общества;
- 5) конечная ответственность государства за обеспечение безопасности на транспорте;
- 6) разумное и законное вмешательство государства в хозяйственную деятельность субъектов транспортной деятельности при обеспечении безопасности на транспорте;
- 7) постоянное взаимодействие заинтересованных государств в области обеспечения безопасности на транспорте;
- 8) гармонизация и унификация законодательств государств в области безопасности на транспорте.

Эффективность функционирования СОБАП оценивается:

- по реальному сокращению случаев ДТП, особенно со смертельным исходом, тяжёлыми увечьями;
- по удельным показателям, например, количество сокращений ДТП на одного работника ОБАП и др.;
- по оперативности оказания помощи людям, попавшим в ситуацию ДТП, в том числе медицинской, психологической, правовой, материально-технической и др.;
- по качеству проведенных экспертиз и расследований причин ДТП.

Литература

1. Постановление Совета министров Республики Беларусь от 14.06.2006 №757 « Об утверждении Концепции обеспечения безопасности дорожного движения в Республике Беларусь»
2. Постановление межпарламентской ассамблеи государств – участников содружества независимых государств. От 31.10. 2007 г. № 29-9. Модельный закон о безопасности на транспорте.

**МЕТОД АНАЛИТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ОБЕСЦЕНИВАНИЯ
АВТОМОБИЛЕЙ НА ОСНОВЕ РЫНОЧНЫХ ДАННЫХ**

**ANALYTICAL CALCULATION METHOD OF CAR DEPRECIATION
ON THE BASIS OF MARKET DATA**

Трифонов Н.Ю., действительный член Международной инженерной академии, почетный оценщик Республики Казахстан, кандидат физико-математических наук, доцент;

Скрыган С.В., член Белорусского общества оценщиков, магистр экономики
(Белорусский национальный технический университет)

Dr. Nikolai Trifonov, FRICS, Full Member of International Academy of Engineering, Honorary Appraiser of Republic of Kazakhstan;

Svetlana Skrygan, Belarusian Society of Valuers, Master of Economics
(Belarusian National Technical University)

Аннотация. Для расчета обесценивания автомобилей важно иметь простой аналитический метод, реализуемый в стандартных средствах, каковыми для оценщика являются электронные таблицы Microsoft Excel. Этим требованиям отвечает метод фонда амортизации [1], предложенный авторами для описания обесценивания автомобилей [2]. В статье для шести классов легковых автомобилей (особо малый, малый, средний, бизнес-класс, минивэны и внедорожники) приводятся найденные значения ставки (процента) амортизации, необходимые для применения метода.

Abstract. To calculate the accumulated depreciation of cars, a valuer has to use a simple analytical method realized with Microsoft Excel. Such tool is the partial payment fund method [1], which reflects the non-linear character of the car wear [2]. The article contains the values of method parameter, i.e. fund interest, for road vehicles belonging to the classes of examination (A, B, D, E, minivans and SUVs) determined on the basis of second hand car market data of the Republic of Belarus.

При проведении операций купли-продажи автомобилей, передачи их в залог, в том числе в качестве гарантийного обеспечения банковского кредита, постановки на бухгалтерский учет, внесения в виде неденежного вклада в уставный фонд юридического лица возникает потребность в определении стоимости автомобилей, т.е. в их независимой оценке.

В совокупности процедур по определению стоимости автомобилей одной из наиболее значимых является определение обесценивания, т.к. износ (и обесценивание) транспортных средств происходит интенсивно, и в ка-

честве объекта оценки, как правило, выступает уже используемая какое-то время машина, то есть объект оценки на дату оценки уже имеет ту или иную величину обесценивания, что существенно влияет на его стоимость.

Проблема аналитического (математического) описания обесценивания как феноменологического явления весьма актуальна. Она осложняется тем, что характер изменения стоимости во времени различен для активов различной природы. Для объектов недвижимости скорость обесценивания обычно незначительна в начале экономической жизни и увеличивается к концу срока эксплуатации (так называемый замедленный износ). Для машин и оборудования (включая автомобили, вычислительную технику и технику связи) скорость обесценивания обычно максимальна в первый год жизни и постепенно уменьшается с течением времени, что вызвано так называемым ускоренным износом [3].

Очевидно, что наиболее достоверные данные по обесцениванию автомобилей могут быть получены на основе обработки рыночной ценовой информации для каждой марки транспортных средств. Величина обесценивания, полученная на основе исследования рынка продаж транспортных средств, по существу отражает накопленное обесценивание, также называемое накопленным износом [4]. Однако практическое применение метода рыночной выборки при проведении оценочных расчетов требует значительных затрат времени на исследование рынка. Возможность использования данного метода также может быть ограничена степенью развитости сегмента рынка, к которому относятся оцениваемые объекты, его открытостью, доступностью информации. Как следствие, по-видимому, не всегда и не для всех дорожных транспортных средств можно воспользоваться этим методом расчета.

В связи с этим, возникает необходимость альтернативного получения подобных данных, а именно, применения методов для моделирования обесценивания, которые учитывали бы рыночные механизмы формирования стоимости и отражали бы нелинейный характер протекания обесценивания. В отношении транспортных средств эти требованиям отвечает метод фонда амортизации [1], характеризующий накопленный износ различных классов автомобилей с помощью финансовых функций Microsoft Excel [2]. Отметим, что подобное описание возможно провести и с помощью обратной экспоненциальной функции в качестве моделирующей обесценивание [5].

Отметим также, что используемое в названии метода слово «амортизация», как и обычно в оценке стоимости, применяется в том же значении, как и в банковском деле (напр., амортизация кредита), в определенном смысле противоположном используемому для нужд бухгалтерского учета (напр., «амортизация» основных средств вместо употребляемого оценщиками термина «возмещение» стоимости основных средств).

В основу метода фонда амортизации положен принцип амортизации стоимости дорожных транспортных средств за время их полезного исполь-

зования, который означает, что ежегодно осуществляются аннуитетные платежи в предполагаемый (фиктивный) фонд амортизации. Текущая суммарная стоимость этих аннуитетных платежей в фонд амортизации и будет характеризовать накопленное обесценивание дорожных транспортных средств (накопленный износ в денежном выражении).

Основными параметрами, необходимыми для определения накопленного обесценивания дорожных транспортных средств методом фонда амортизации, являются: первоначальная стоимость транспортных средств, срок экономической жизни транспортных средств, фактический возраст транспортных средств, ставка (процент) амортизации.

Метод фонда амортизации обеспечивает возможность адаптации полученных для расчета формул к объектам оценки различного характера, то есть обеспечивает возможность построения зависимости обесценивания от времени с различной кривизной. Изменяя значение такого параметра, как ставка (процент) амортизации, можно менять кривизну линии, которая описывает обесценивание методом фонда амортизации, подбирая степень кривизны линии в соответствии с характером исследуемого актива: чем меньше значение ставки (процента), тем меньше кривизна линии обесценивания. Таким образом, выбирая значение ставки (процента) амортизации в соответствии с экспериментальными данными по обесцениванию определенного класса активов, можно адаптировать метод фонда амортизации к описанию обесценивания именно этого класса.

Поэтому, для возможности более широкого использования метода фонда амортизации, в частности для описания износа дорожных транспортных средств, относящихся к различным классам, экспериментально были определены численные значения ставки (процента) амортизации для различных классов автомобилей, наиболее популярных в Республике Беларусь. Для экспериментального определения численных значений ставки (процента) амортизации для различных классов автомобилей был проведен анализ вторичного рынка дорожных транспортных средств. Анализу подвергались шесть классов автомобилей: особо малый класс, малый класс, средний класс, бизнес-класс, минивэны, внедорожники. Для исследования разных классов автомобилей были отобраны широко распространенные на вторичном рынке Республики Беларусь марки дорожных транспортных средств, по пять представителей от каждого класса.

В результате проведения сравнительного анализа рыночных данных о стоимости различных марок дорожных транспортных средств, отличающихся возрастом, оказалось, что полученные кривые зависимости стоимости от возраста имеют нелинейный характер, по форме совпадающий с кривыми обесценивания автомобиля этой марки. Средняя относительная ошибка аппроксимации для различных классов автомобилей равна 6–18 %,

что свидетельствует о хорошем соответствии моделей рыночным данным. В результате исследования вторичного рынка дорожных транспортных средств также было установлено, что цены предложений к продаже различных марок дорожных транспортных средств, относящихся к одному классу, группируются в единую обобщенную зависимость, в свою очередь, разные марки дорожных транспортных средств, относящиеся к различным классам, теряют стоимость с течением времени разными темпами. Это влечет за собой предположение о существовании общих для разных марок и моделей дорожных транспортных средств экономических закономерностей, лежащих в основе обесценивания дорожных транспортных средств.

Как следствие, для каждого представителя одного класса автомобилей была определена ставка (процент) амортизации, и установлено, что их значения практически совпадают, значит, для всего класса можно использовать некоторое характерное значение ставки (процента) амортизации.

Кривые остаточной стоимости дорожных транспортных средств со временем, полученные в результате применения метода фонда амортизации, и кривые на основании анализа рыночных данных, практически совпадают, что служит указанием на универсальный характер метода фонда амортизации для характеристики накопленного обесценивания автомобилей различных марок. Сводные данные по классам (обозначения классов европейские) приведены в таблице.

Таблица – Значения ставки (процента) амортизации для автомобилей различных классов

Класс	A	B	D	E	Минивэны	Внедорожники
Ставка амортизации (в %)	13,5	12,0	9,0	17,0	6,0	15,0

Для полученных методом фонда амортизации моделей обесценивания шести классов автомобилей была проведена оценка их точности. Для каждой модели были рассчитаны четыре статистических показателя точности, таких, как среднее квадратичное отклонение, средняя относительная ошибка аппроксимации, коэффициент сходимости, коэффициент детерминации. Полученные значения статистических показателей, характеризующих адекватность и точность построенных моделей, позволяют судить о высоком качестве моделей и большой надежности итогового результата.

Таким образом, полученные значения ставки (процента) амортизации могут применяться в практической работе оценщиков при определении стоимости дорожных транспортных средств затратным методом, в случаях, когда применение иных методов расчета обесценивания затруднено или невозможно в силу недостаточности или ограниченности информации.

Литература

1. Трифонов, Н.Ю. Метод описания ускоренного износа объектов оценки / Н.Ю. Трифонов // Вопросы оценки. – 2013. – № 3. – С. 39–41.
2. Трифонов, Н.Ю. Исследование обесценивания автомобилей методом фонда амортизации / Н.Ю. Трифонов, С.В. Скрыган // Вопросы оценки. – 2015. – № 2. – С. 2–9.
3. Оценка стоимости машин, оборудования и транспортных средств / А.П. Ковалев [и др.]. – М.: Интерреклама, 2003.
4. Трифонов, Н.Ю. Возможность описания динамики износа объекта оценки с помощью исследования рынка / Н.Ю. Трифонов, С.В. Скрыган // Наука – образованию, производству, экономике: материалы 12-й международной научно-технической конференции: в 4 т. – Т. 3. – Минск: БНТУ, 2014. – С. 216.
5. Трифонов, Н.Ю. Экспоненциальное описание обесценивания легковых автомобилей на основе анализа вторичного автомобильного рынка Республики Беларусь / Н.Ю. Трифонов, М.С. Парфенюк // Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов. Безопасность дорожного движения: сборник науч. трудов. – Минск: БНТУ, 2016. – С. 301–323.

УДК 358.3

ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ

APPROACH TO THE ASSESSMENT OF EFFICIENCY OF TECHNICAL OPERATION OF MOTOR VEHICLES

Шостак В.Г., доцент кафедры, кандидат военных наук, доцент
(Белорусский национальный технический университет);

Назин А.Е., научный сотрудник 2-го научно-исследовательского
отдела 1-го НИУ (ГУ «НИИ ВС РБ»)

Shostak V.G., Associate Professor, Candidate of Military Sciences,
Associate Professor (Belarusian National Technical University);

Nazin A.E., Researcher at the 2nd Scientific Research Department of the 1st NRU
(Research Institute of the Armed Forces of the Republic of Belarus)

Аннотация. В статье рассматривается один из подходов к оценке эффективности технической эксплуатации. При этом, в качестве показателей эффективности выбраны: вероятность выполнения автотранспортным предприятием задач по перевозке с учетом вклада системы

технической эксплуатации (как обеспечивающей выполнение задач автотранспортного предприятия), вероятность исправного состояния единицы автомобильной техники в заданный момент времени и математическое ожидание случайного числа единиц автомобильной техники, способных обеспечить выполнение задач по перевозкам.

Abstract. *The article describes one of the approaches to assessing the effectiveness of the technical operation. In this case, as the performance indicators selected: the probability of performing road transport enterprise tasks in transportation, taking into account the contribution of the technical operation of the system (such as ensuring the execution of tasks of motor transport enterprise), the probability of serviceable condition automotive engineering unit at the specified time and the expectation of a random number of automotive vehicles, able to fulfill tasks of transportation.*

Существенную роль в транспортном комплексе Республики Беларусь играет автомобильный транспорт, регулярно обслуживая предприятия и организации всех форм собственности, различных хозяйств и предпринимателей, а также население страны. К 2016 году автомобильный парк республики достиг более 2,5 млн ед., причем более 85 % легковых, грузовых автомобилей и автобусов принадлежат гражданам на условии личной собственности. Согласно данным Госавтоинспекции о зарегистрированном в ГАИ транспорте, в 2016 году численность субъектов, осуществляющих автотранспортную деятельность, более 439 тыс., из них автомобилей 403 тыс. и 36 тыс. автобусов. Регулярными автомобильными перевозками (основными в пассажирских перевозках) охвачены все города и населенные пункты, обслуживаются автобусные маршруты различной протяженности.

Главным преимуществом и особенностью автомобильного транспорта, определяющее его развитие, связаны с мобильностью и гибкостью доставки грузов, пассажиров с соблюдением при необходимости расписания. Эти свойства автомобильного транспорта во многом определяются уровнем работоспособности и техническим состоянием автомобилей и парков, зависящих, во-первых, от надежности конструкций автомобилей, во-вторых, от мер по обеспечению их работоспособности в процессе эксплуатации и от условий последней.

В силу выше сказанного, работоспособность автомобилей и парков обеспечивается подсистемой технической эксплуатации автомобилей (ТЭА).

Техническая эксплуатация автомобилей – это комплекс взаимосвязанных технических, экономических, организационных и социальных мероприятий, обеспечивающих:

– поддержание автомобильного парка машин в работоспособном состоянии, способном обеспечить выполнение задач автотранспортного предприятия (АТП);

– своевременную передачу службе перевозок или внешней клиентуре работоспособных автомобилей их количества в нужное время.

Эффективность ТЭА обеспечивается инженерно – технической службой, которая реализует цели и задачи ТЭА, главная цель которой состоит в поддержании автомобилей в исправном состоянии. Исходя из цели основными задачами технической эксплуатации автомобилей – являются: своевременное обеспечение автомобилями и автомобильным имуществом; организация правильной эксплуатации; своевременное восстановление автомобильной техники; техническая, специальная подготовка водителей и других специалистов в интересах ТЭА; управление ТЭА.

Техническая эксплуатация автомобилей является одной из подсистем автотранспортного предприятия, которая включает подсистемы: обеспечение автомобильной техникой и автомобильным имуществом; организация эксплуатации автомобилей; восстановление автомобилей; техническая, специальная подготовка водителей и других специалистов ТЭА; управление ТЭА.

С точки зрения системного подхода ее можно рассматривать как сложную организационно-техническую систему, включающую силы (управленческий персонал, водителей, обеспечивающий персонал), и средства (автомобили, мастерские технической помощи, технический персонал: специалисты ремонтники и т.д.).

В зависимости от вида предприятий и рода их деятельности система технической эксплуатации автомобилей организационно и экономически может выступать в качестве:

– производственной структуры (подсистемы) конкретного предприятия или их объединений (транспортная компания, холдинг, коммерческое автотранспортное предприятие), осуществляющей наряду с перевозками поддержания парка в работоспособном состоянии;

– независимого хозяйственного субъекта, оказывающего платные услуги владельцам разнообразных автотранспортных средств всех форм собственности.

Главный вклад ТЭА состоит в том, что она обеспечивает подсистему коммерческой эксплуатации автотранспортного предприятия работоспособными технически исправными транспортными средствами, т.е. обеспечивает саму возможность реализации транспортного процесса. А задачи подсистем коммерческой эксплуатации и управления – наиболее эффективно использовать исправные автомобили, получить доход и рассчитаться с системой ТЭА в соответствии с ее фактическим вкладом в транспортный процесс и полученной прибылью.

Автомобильная техника, характеризуется большим многообразием типов и марок машин, которые отличаются предназначением и способами их ис-

пользования. Запас остаточного ресурса и надежность работы машин – важнейшие условия для выполнения задач ими по назначению. Поэтому рациональная организация технической эксплуатации зависит не только от задач, выполняемых автотранспортным предприятием, характера местности, времени года, но и от наличия сил и средств обеспечивающих эксплуатацию автомобилей, состояния автомобилей, наличия имущества (запасных частей, средств диагностики и выполнения ремонтных работ) и других факторов.

Таким образом, раскрытие закономерностей изменения технического состояния автомобилей в процессе эксплуатации, изучения методов и средств, направленных на поддержание автомобилей в исправном состоянии при экономном расходовании всех видов ресурсов позволит с наибольшей эффективностью использовать систему ТЭА.

Рассмотрим подход к оценке эффективности ТЭА применительно к решению задач по перевозкам.

На основе анализа теоретических положений по эффективности систем [1–4] для выбора критерия эффективности целесообразно воспользоваться концепциями рационального поведения, к которым относятся концепции пригодности, оптимизации и адаптивизации. При этом в соответствии с концепцией пригодности в качестве критерия эффективности используется показатель, значения которого должно быть не ниже требуемого уровня $W_{тр}$. Концепция оптимизации предполагает выбор тех стратегий, которые обеспечивают максимальный эффект в работе системы. Концепция адаптивизации предполагает возможность оперативного реагирования на изменение в работе системы. При этом, под критерием понимается признак (правило, средство для суждения, мерило), на основе которого производится оценка степени соответствия системы решаемым задачам [4]. С учетом этого, при выборе критерия оценки эффективности необходимо выбрать и определить показатели эффективности.

При определении требуемого состава сил и средств ТЭА необходимо в качестве концепции рационального поведения выбрать концепцию пригодности и на ее основе – критерий пригодности. Этот критерий по отношению к другим (оптимальности и адаптивизации) является наиболее простым.

Таким образом, критерий пригодности для оценки эффективности при обеспечении выполнения задач АТП определяется из условия, что вероятность достижения цели ТЭА $P_{дц}$ должна быть не меньше требуемой вероятности по этим показателям $P_{дц}^{треб}$, т.е.:

$$P_{дц} \geq P_{дц}^{треб} . \quad (1)$$

При выборе показателей эффективности ТЭА необходимо учитывать их смысловое содержание, которое определяется целью действий, призна-

ками отражающими наиболее существенные стороны процесса обеспечения задач и их конечный результат. Из этого следует, что показатели эффективности целесообразно выбрать, исходя из применяемых способов или целей их действий.

Процесс выбора разумно осуществить относительно задач и способов их выполнения.

С учетом вышесказанного, в качестве показателей эффективности будем использовать три показателя:

$(P_1, P_2, P_3, P_4, \dots, P_n)$ – вероятность выполнения i -й задачи автотранспортного предприятия с учетом вклада подсистемы ТЭА за сутки, где n – общее количество задач АТП;

вероятность исправного состояния единицы автомобильной техники в заданный момент времени (коэффициент готовности, который является вероятностью того, что автомобиль окажется работоспособным в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых использование автомобиля по назначению не предусматривается (плановое техническое обслуживание, плановый ремонт)) $P_{iТЭА}$ ($i = \overline{1, n}$).

математическое ожидание случайного числа единиц автомобильной техники, способных обеспечить выполнение задач АТП – $M [N]$.

P_i ($i = \overline{1, n}$) – определяется в виде

$$\begin{cases} P_1 = P_{11} \cdot P_{12} \dots P_{1m} P_{1ТЭА}; \\ P_2 = P_{21} \cdot P_{22} \dots P_{2m} P_{2ТЭА}; \\ P_n = P_{n1} \cdot P_{n2} \dots P_{nm} P_{nТЭА}, \end{cases} \quad (2)$$

где P_i – вероятность выполнения i -й задачи АТП с учетом вклада системы ТЭА за сутки ($i = \overline{1, n}$);

P_{ij} – вероятность выполнения i -й задачи j -й системой, входящей в АТП P_{ij} , $i = \overline{1, n}$; $j = \overline{1, m}$;

m – число систем входящих в АТП наряду с системой ТЭА.

$P_{iТЭА}$, $i = \overline{1, n}$ м – вероятность исправного состояния единицы автомобильной техники в заданный момент времени.

Например, вероятность исправного состояния единицы автомобильной техники при обеспечении выполнения 1-й задачи АТП системой ТЭА будет определяться из выражения

$$P_{1ТЭА} = P^{т.п.}_1 P^o_1, \quad (3)$$

где $P_1^{т.п.}$ – вероятность исправного состояния единицы автомобильной техники за заданное время с учетом отказов по техническим причинам и их восстановления;

P_1^3 – вероятность исправного состояния единицы автомобильной техники с учетом неисправностей от эксплуатационных неисправностей и их восстановления.

Величина P_1^3 – определяется по формуле

$$P_1^3 = [1 - K_3 (1 - K_{\text{вост.}})], \quad (4)$$

где $K_{\text{вост}}$ – коэффициент, численно равный доле автомобильной техники восстановленной после ее выхода из строя от эксплуатационных неисправностей;

K_3 – коэффициент, численно равный доле выхода автомобильной техники из строя от эксплуатационных неисправностей (если $K_3 = 1$ и $K_{\text{вост}} = 0$, то $P_{1\text{ТЭА}} = 0$);

$P_1^{т.п.}$ – определяется из выражения, приведенного в [5]

$$P_1^{т.п.} = \frac{T_0}{T_0 + T_B} + \frac{T_B}{T_0 + T_B} \exp \left[- \left(\frac{t}{T_0} + \frac{t}{T_B} \right) \right], \quad (5)$$

где T_B – среднее время восстановления отказов по техническим причинам, ч.;

T_0 – среднее время работы автомобиля до отказа по техническим причинам, км;

t – текущее время (изменяется от 0 до $T_{0.3}$, где $T_{0.3}$ – конечное время выполнения задачи).

Величины $P_{2\text{ТЭА}}, P_{3\text{ТЭА}} \dots P_{n\text{ТЭА}}$ – определяются аналогично.

$M[N]$ определяется из выражения:

$$M[N] = N_i (P_i^{т.п.} P_i^3), \quad (6)$$

где N_i – количество машин, назначенных для выполнения i -й задачи АТП;

$(P_i^{т.п.} P_i^3)$ – определяется из выражения (4, 5).

Выражение (5) получено на основе биномиального распределения случайной величины N .

Условия выполнения задачи:

1. Единица автомобильной техники считается технически исправной, если водитель способен выполнять свои функции и автомобиль готов к выполнению задачи АТП.

2. При возникновении отказов по техническим причинам автомобиль может быть восстановлен водителем или специалистами ремонтниками.

3. При эксплуатационных причинах (дорожно-транспортное происшествие, наезды на препятствие и др. неисправности наступившие в результате нарушения правил эксплуатации автомобиля) может выйти из строя автомобиль и водитель, после чего осуществляется восстановление автомобиля и оказание медицинской помощи водителю.

4. Поток отказов по техническим причинам считается простейшим. При этом выполняются условия:

– ординарности (вероятность появления двух и более отказов в один и тот же момент времени пренебрежимо мала, т.е. равна 0);

– отсутствия последействия (вероятность появления отказов в любом интервале времени (t_1, t_2) не зависит от появления отказов в других непесекающихся интервалах времени);

– стационарности потока отказов (в этом случае параметр потока отказов является величиной постоянной, т.е. $\omega(t) = \omega$).

5. Вероятность возникновения отказов по техническим причинам подчиняется экспоненциальному закону распределения, т.е. $P(t) = 1 - \exp(-\lambda t)$, где t – время работы автомобиля до отказа; λ – интенсивность отказов; $\lambda = 1/T_0$ (T_0 – средняя величина времени работы автомобиля до отказа, ч).

6. Вероятность восстановления отказов по техническим причинам подчиняется по экспоненциальному закону распределения, т.е. $P_B(t) = 1 - \exp(-\mu t)$, где t – величина времени восстановления, ч., μ – интенсивность восстановления отказов, $\mu = 1/T_B$ (T_B – среднее время восстановления отказа).

С учетом выбранного критерия пригодности принятие решения об эффективности ТЭА будем осуществлять в соответствии с условиями:

$$\begin{cases} P_{iТЭА} \geq P_{iТрТЭА}; \\ M[N] \geq N_{iТр}, \end{cases} \quad (7)$$

где $P_{iТрТЭА}$ – требуемое значение вероятности выполнения i -й задачи автотранспортного предприятия;

$N_{iТр}$ – требуемое значение количества машин для выполнения i -й задачи автотранспортного предприятия/

Данный подход к оценке эффективности ТЭА АТП позволяет определить:

– эффективность существующей системы ТЭА АТП;

– степень соответствия системы ТЭА предъявляемым требованиям;

– основные направления совершенствования системы ТЭА.

Таким образом, предложенный подход к оценке эффективности может быть использован при разработке методики оценки эффективности технической эксплуатации автомобилей автотранспортного предприятия и разработке рекомендаций по совершенствованию системы технической экс-

плутации автомобилей, что позволит максимально обеспечить выполнение задач автотранспортного предприятия и определить направления дальнейшего ее исследования.

Литература

1. Надежность и эффективность в технике: справочник. – Т. 3. Эффективность технических систем. – М.: Машиностроение, 1988.
2. Надежность и эффективность в технике: справочник. – Т. 1. Методология. Организация. Терминология. – М.: Машиностроение, 1988.
3. Кузнецов, Е.С. Управление технической эксплуатацией автомобилей / Е.С. Кузнецов. – М.: Транспорт, 1982. – 224 с.
4. Марков, Л.Н. Основы исследования операций / Л.Н. Марков, П.А. Подкопаев. – Ч. 1. – Минск: ВА РБ, 1999.
5. Шостак, В.Г. Оценка эффективности автотехнического обеспечения территориальных войск / В.Г. Шостак, А.Е. Назин // Наука и воен. безопасность. – 2009. – № 4. – С. 57–59.

УДК 358.3

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА В ВООРУЖЕННЫХ СИЛАХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF MAINTENANCE AND REPAIR IN THE ARMED FORCES THE REPUBLIC OF BELARUS

Шостак В.Г., доцент кафедры, кандидат военных наук, доцент
(Белорусский национальный технический университет);

Ивчик О.А., профессор кафедры, кандидат военных наук, доцент
(Военная академия Республики Беларусь)

Shostak V.G., Associate Professor, Candidate of Military Sciences,
Associate Professor (Belarusian National Technical University);

Ivchik O.A., Professor, Candidate of Military Sciences, Associate Professor
(Military Academy of Belarus)

Аннотация. В статье рассматривается анализ системы технического обслуживания и ремонта вооружения, военной и специальной техники в Вооруженных Силах Республики Беларусь. Определены основные направления ее совершенствования в целях поддержания технического ресурса образцов вооружения и техники в состоянии, обеспечивающем выполнение задач по предназначению.

Abstract. *The article deals with the analysis of system maintenance and repair of weapons, military and special equipment in the Armed Forces of the Republic of Belarus. The main directions of its improvement in order to maintain the service life of weapons and equipment in the state, ensure the fulfillment of the tasks as intended.*

Система технического обслуживания и ремонта представляет собой совокупность взаимосвязанных сил и средств, документации технического обслуживания и ремонта, мероприятий, необходимых для поддержания и восстановления качества вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ), входящих в эту систему. Она предназначена в основном для мирного времени и включает в себя единые виды контроля технического состояния, технического обслуживания и ремонта ВВСТ, которые конкретизируются нормативными актами Министерства обороны применительно к условиям выполнения задач по назначению.

В основу системы технического обслуживания и ремонта положены планово-предупредительные мероприятия, выполнение которых должно обеспечить сохранение (восстановление) исправности, работоспособности и технического ресурса ВВСТ. Главной задачей технического обслуживания и ремонта является обеспечение в процессе эксплуатации постоянной работоспособности ВВСТ при условии выполнения обслуживающим персоналом требований эксплуатационной документации.

Система технического обслуживания и ремонта, введенная в действие в 2004 году, более совершенна по сравнению с предшествующей системой [1]. В ней отражена современная тенденция развития ВВСТ оснащать их электронными средствами встроенной и внешней диагностики с выводом информации о техническом состоянии образца ВВСТ на визуальные средства отображения и документированием ее при необходимости. Полная и достоверная информация о техническом состоянии узлов, агрегатов и систем образца позволяет прогнозировать нарушение работоспособности и рационально планировать проведение профилактических мероприятий технического обслуживания и ремонта. Другими словами, планово-предупредительная система, традиционно действующая в Вооруженных Силах, в настоящее время несколько приближена к системе технического обслуживания и ремонта по потребности (к восстановительной системе). Проблема полного перехода на эту систему связана с тем, что в настоящее время в Вооруженных Силах еще остается большое количество ВВСТ, не оборудованных электронными средствами диагностики и прогнозирования технического состояния. Имеющиеся штатные средства диагностики, технического обслуживания и ремонта во многом технически и морально устарели и не позволяют получать полную информацию о техническом

состоянии образцов ВВСТ, планировать и производить необходимые объемы технического обслуживания и ремонта. В качестве выхода из положения найдено промежуточное решение определять техническое состояние и потребность в профилактических мероприятиях субъективно за счет расширения круга и квалификации специалистов, принимающих участие в диагностике с применением штатного диагностического оборудования и контрольно-проверочных машин. С этой целью в соединениях и воинских частях созданы комплексные технические комиссии, состоящие из специалистов технических служб и ремонтных органов, которые по результатам диагностирования принимают решение о проведении необходимых видов технического обслуживания и продлении эксплуатации или снятия ее и направлении в ремонт. Понятно, что достоверность диагностики во многом зависит от квалификации и опыта специалистов, номенклатуры и наличия диагностических средств.

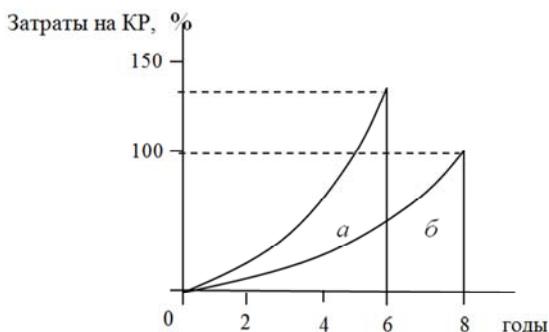
В системе технического обслуживания и ремонта значительно усилена роль контроля технического состояния ВВСТ при эксплуатации. С этой целью используются два вида контроля – техническое диагностирование и инструментальная дефектация. Кроме того, основу составляет вид технического обслуживания – это техническое обслуживание с периодическим контролем. Подсистема ремонта допускает проведение второго среднего ремонта по техническому состоянию (для автомобильной техники и третьего) для образцов ВВСТ, отработавших ресурс до капитального ремонта. Решение принимает комплексная техническая комиссия соединения (воинской части) по согласованию с довольствующим управлением Министерства обороны.

Таким образом, действующая система технического обслуживания и ремонта более соответствует современным условиям эксплуатации и восстановления ВВСТ. Положения, введенные в ней, позволяют своевременно и рационально организовывать и проводить диагностирование, техническое обслуживание и ремонт. Вместе с тем процесс внедрения их в практику войск пока остается проблематичным и полностью не решенным по ряду объективных и субъективных причин, изложенных выше. Значительный вклад в их решение вносит создание в каждом соединении перспективных ПТОР и оснащение их современным технологическим оборудованием для диагностики, технического обслуживания и ремонта ВВСТ. Но этот процесс в настоящее время еще полностью не закончен, хотя в этом направлении ведется работа. Решение его создаст дополнительные предпосылки для гарантированного поддержания ВВСТ в готовности к использованию по назначению в мирное и военное время и соответствия системы технического обслуживания и ремонта предъявляемым требованиям.

Решение насущных проблем системы технического обслуживания и ремонта ВВСТ, разработка мероприятий по ее дальнейшему совершенствованию позволяет рассматривать ее комплексно, охватывая все ее структурные составляющие и их условия функционирования, а также воздействующие на них факторы. К тому же немаловажное значение имеют начальные условия разработки и изготовления образцов ВВСТ и средств технического обслуживания их жизненного цикла.

Для того чтобы обеспечить нормальную работу образцов ВВСТ в заданных условиях, разработчик обязан еще на этапе проектирования определить тот минимальный объем профилактических и восстановительных работ, которые необходимо производить обслуживающему персоналу в процессе эксплуатации. Очевидно, что одновременно должны определяться (выбираться или разрабатываться) и те технические средства (инструмент, приспособления, приборы, стенды и т. п.), с помощью которых могут быть выполнены установленные разработчиком профилактические и восстановительные работы.

Эти технические средства должны быть изготовлены и переданы в войска одновременно с поставкой ВВСТ. В противном случае обеспечить в процессе эксплуатации поддержание ВВСТ в постоянной готовности не представится возможным. Более того, ВВСТ будут эксплуатироваться «на износ», что в конечном счете приведет к их досрочному выходу в капитальный ремонт и к повышенным материально-трудовым затратам на их восстановление [2, 3]. На рисунке 1 показана зависимость сроков выхода ВВСТ в капитальный ремонт и размеров материально-трудовых затрат на их производство в зависимости от обеспеченности войск техническими средствами для выполнения технического обслуживания и ремонта [3].



a – войска не имеют технических средств; *б* – войска полностью обеспечены техническими средствами

Рисунок 1 – Зависимость изменения затрат на ремонт ВВСТ

Таким образом, своевременное обеспечение войск техническими средствами для выполнения установленных профилактических работ по техническому обслуживанию и ремонту является необходимым условием правильно организованной эксплуатации.

Наряду с войсковыми техническими средствами для восстановления тактико-технических характеристик и установленного ресурса эксплуатации военно-технических устройств системой технического обслуживания и ремонта, как правило, предусматривается производство восстановительных работ в стационарных (специализированных) ремонтных органах (предприятиях). Необходимо подчеркнуть, что эффективная работа таких предприятий во многом предопределяет реальную возможность сохранения в работоспособном состоянии ВВСТ, что чрезвычайно важно не только с точки зрения работоспособности, но и с экономической точки зрения, так как несвоевременное проведение ремонта (из-за отсутствия соответствующих производственных мощностей) обусловит повышенный износ образцов ВВСТ. К тому же для их восстановления в результате потребуются большие материальные и трудовые затраты. Поэтому своевременное создание достаточных для удовлетворения потребности войск производственных мощностей (производственные площади, оборудование, подготовленные специалисты, запасные части, материалы и т.п.) является одним из наиболее важных условий в организации эксплуатации ВВСТ.

Создание необходимых условий для хранения и сбережения ВВСТ в соответствии с требованиями эксплуатационной документации также является одним из тех факторов, которые определяют возможность длительное время сохранять работоспособность ВВСТ в заданных условиях эксплуатации при минимальных затратах на их техническое обслуживание и ремонт. В частности, под созданием необходимых условий хранения понимается:

создание в местах непосредственного хранения специальных помещений (отапливаемых и неотапливаемых хранилищ), навесов, площадок и т.п., обеспечивающих выполнение установленных эксплуатационной документацией режимов содержания ВВСТ;

обеспечение мест хранения необходимым оборудованием, приборами, инвентарем, консервационными материалами и др.;

организация учета и отчетности, планирование профилактических мероприятий по поддержанию хранимого ВВСТ в работоспособном состоянии и своевременное выполнение всех мероприятий обслуживающим персоналом.

Все перечисленные элементы организации хранения и сбережения в общем виде составляют сущность организации хранения ВВСТ как одного из важнейших факторов сохранения их постоянной готовности к применению.

Наиболее эффективными мероприятиями, направленными на сохранение и своевременное восстановление работоспособности ВВСТ, сокращение затрат на их техническое обслуживание и ремонт являются изучение, обобщение и распространение передового опыта организации эксплуатации, которые наряду с перспективным планированием и научным прогнозированием составляют основу развития теории и практики поддержания ВВСТ в постоянной готовности при минимальных материально-трудовых затратах.

Выводы

1. С развитием средств ведения вооруженной борьбы потребность в восстановлении ВВСТ увеличивается. Восстановление технического ресурса ВВСТ путем проведения им своевременного технического обслуживания и ремонта может стать единственным оперативным способом продолжения их использования по назначению.

2. Для успешного решения всех задач восстановления ВВСТ необходимо своевременно приводить в соответствие все компоненты системы технического обслуживания и ремонта ВВСТ, включая организационные и технические мероприятия.

3. Наиболее востребованными являются структурные изменения ремонтных органов, увеличение производственных возможностей штатных ремонтно-восстановительных подразделений и воинских частей за счет повышения квалификации обслуживающего персонала и оснащения современным высокопроизводительным технологическим оборудованием для диагностики, технического обслуживания и ремонта ВВСТ.

4. Процесс совершенствования системы технического обслуживания и ремонта ВВСТ должен быть не одномоментным, а носить плановый постепенный характер.

Литература

1. Инструкция о порядке технического обслуживания и ремонта вооружения и военной техники в Вооруженных Силах Республики Беларусь в мирное время. – Минск: МО РБ, 2004. – 26 с.

2. Кузьмин, В.И. Проблемы развития вооруженных сил и вооружений В.И. Кузьмин, П.А. Галуша, В.А. Рябошапка // Вестн. Акад. воен. наук. – 2011. – № 1.

3. Шостак, В.Г. Проблемы эксплуатационной надежности и эффективности автомобильной техники / В.Г. Шостак, В.И. Климович // Сб. науч. ст. ВА РБ. – 2014. – № 26.

УДК 621.81.004.67

**СИСТЕМНАЯ МОДЕЛЬ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ,
УПРОЧНЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ**
**THE SYSTEM MODEL OF TECHNOLOGIES FOR MANUFACTURE,
SIMPLE AND OPERATION OF PARTS OF AUTOMOBILES**

Хейфец М.Л., доктор технических наук, профессор (НАН Беларуси);
Лойко В.А., кандидат технических наук;
Ивашко В.С., доктор технических наук
(Белорусский национальный технический университет)

Heifets M.L., Doctor of Technical Sciences, Professor (NAS of Belarus);
Loyko V.A., Candidate of Technical Sciences;
Ivashko V., Doctor of Technical Science
(Belorussian National Technical University)

Аннотация. *В статье приведены материалы, позволяющие прогнозировать свойства изделий на основе технологических и эксплуатационных исследований с учетом входных потоков данных о веществе, энергии и другой информации.*

Abstract. *The article contains materials that allow to predict the properties of products on the basis of technological and operational research, taking into account the input flows of data on matter, energy and other information.*

Введение

Определение и оценка изменений в технологических и эксплуатационных процессах показателей качества деталей машин с учетом их взаимного влияния затруднены многосвязным характером взаимодействий формирующихся свойств изделий.

Для разработки математического аппарата передачи показателей качества изделий при технологическом и эксплуатационном наследовании необходимо корректное понижение размерности задачи описания трансформации свойств [1–4].

Актуально понижение размерности задачи описания трансформации свойств при создании новых интенсивных методов обработки, основанных на сочетании в одном процессе различных видов энергии или разных способов воздействия на обрабатываемый материал [2].

Основная часть

В общем виде системная модель технологии представляется сочетанием трех входных потоков: вещества, энергии, информации.

Поэтому под методом обработки понимается совокупность энергетических и информационных процессов, направленных на изменение формы, размеров, качества поверхности и физико-химических свойств конструкционного материала.

Для формализации условий целенаправленного создания новых методов обработки каждая совокупность одноименных компонентов системы описывается как некоторое множество технологических решений (ТР).

Поэтому возможно любой метод обработки представить в виде кортежа, каждый элемент которого является элементом соответствующего множества ТР.

Полагая, что если два любых компонента метода обработки обладают хотя бы одним общим свойством, между ними существует связь по общности свойств, что дает возможность организовать выбор технологических решений по эквивалентности и предпочтению.

Это позволяет формализовать условия выбора ТР по конкретному значению установленного критерия выбора и дает возможность выбирать решение по нескольким критериям, соответствующим различным свойствам решения.

Принятие ТР в системах автоматизированного проектирования традиционно основывается на анализе эквивалентности ($x \equiv y$) и предпочтения (нестрогого $x \leq y$ или строгого $x < y$) решений, заложенных в базу знаний. Это предполагает использование свойств [3, 4]: рефлексивности ($x \equiv x$, $x \leq x$ – истинно; $x < x$ – ложно); симметричности ($x \equiv y \Rightarrow y \equiv x$ – истинно; $x \leq y$ и $y \leq x \Rightarrow x = y$ – антисимметрично; $x < y$ и $y < x \Rightarrow$ взаимоисключение – несимметрично); транзитивности ($x \equiv y$ и $y \equiv z \Rightarrow x \equiv z$, $x \leq y$ и $y \leq z \Rightarrow x \leq z$, $x < y$ и $y < z \Rightarrow x < z$ – истинно).

В результате, используя свойство транзитивности, наиболее предпочтительное из предыдущих решений сравнивается с предложенным или выбранным из базы знаний по свойствам симметрии параметров качества.

Однако в общем случае разные неэквивалентные ТР наиболее предпочтительны для различных параметров качества из требуемого комплекса свойств. В этом случае необходимо использовать доминирующее ТР ($x \ll y$), характеризующееся свойствами: анти рефлексивности ($x \ll x$ – ложно); несимметричности ($x \ll y$ и $y \ll x \Rightarrow$ взаимоисключение); не транзитивности (из $x \ll y$ и $y \ll z$ не следует $x \ll z$).

Распределения случайных величин, на фоне которых проявляются моды, описываются законами: равномерным $f(x) = 1 / (\mu_1 - \mu_0)$, при $\mu_0 \leq x \leq \mu_1$; экспоненциальным $f(x) = (1 / \mu) \exp(-x / \mu)$, при $\mu > 0$, $x > 0$; нормальным $f(x) = (1 / (\sigma \sqrt{2\pi})) \exp(-(x - \mu)^2 / (2\sigma^2))$, при $\sigma > 0$, $-\infty < \mu < \infty$, $-\infty < x < \infty$ где μ – математическое ожидание; μ_0 и μ_1 – ограничения; σ^2 – дисперсия случайных величин x .

Судить о степени соответствия статистических данных выбранному закону распределения, следовательно о характере проявления моды, позволяет соотношение Романовского:

$$R = (\lambda_p^2 - k) / \sqrt{2k},$$

где λ_0^2 – критерий Пирсона;

k – число степеней свободы, т.е. количество групп в изучаемом ряду, рассчитанных (μ , σ и др.) и используемых при вычислении теоретического распределения статистических характеристик.

При выборе количества ограничений для объектов и процессов целесообразно рассмотреть взаимозависимость противоречивых требований по надежности и гибкости производственной системы. В результате соотношение надежности – устойчивости и гибкости – адаптивности может служить критерием, позволяющим принять ТР о рациональной структуре производственной системы.

В самоорганизующихся системах можно управлять гибкостью и надежностью, изменяя число подсистем. Каждая подсистема i имеет выходы: q_1 – детерминированный строго определенный и q_2 – флуктуирующий с рассеянными характеристиками.

Полный выход подсистемы в первом приближении с учетом аддитивности материальных и информационных потоков:

$$q^{(i)} = q_1^{(i)} + q_2^{(i)}.$$

Считая, что в условиях производства $q^{(i)}$ – независимая случайная величина, полная величина выхода следующая:

$$Q = \sum_{i=1}^n q^{(i)}.$$

Полный выход, согласно предельной центральной теореме, растет пропорционально числу подсистем n , в то время как величина рассеяния растет пропорционально квадратному корню \sqrt{n} . При автоматизированном проектировании принятие ТР по совершенствованию производственных систем целесообразно проводить на основе синергетического анализа технологических и эксплуатационных процессов и объектов [1, 2,].

Согласно синергетической концепции устойчивые моды подстраиваются под доминирующие неустойчивые моды и могут быть исключены. Со-

кращением числа степеней свободы получают уравнения, группирующиеся в несколько универсальных классов, вида:

$$\frac{\partial \vec{U}^*}{\partial \tau} = \vec{G} \left(\vec{U}^*, \nabla \vec{U}^* \right) + D \nabla^2 \vec{U}^* + \vec{F}(\tau),$$

где \vec{U}^* – контролируемый параметр;

τ – текущее время;

\vec{G} – нелинейная функция \vec{U}^* и возможно градиента \vec{U}^* ;

D – коэффициент, описывающий диффузию, когда его значение действительно, или описывающий распространение волн, при мнимом значении;

\vec{F} – флуктуирующие силы, обусловленные взаимодействием с внешней средой и диссипацией внутри системы.

В соответствии с синергетической концепцией фазовые переходы происходят в результате самоорганизации, процесс которой описывается тремя степенями свободы, отвечающими параметру порядка (Π), сопряженному (C) ему полю и управляющему (Y) параметру [1]. Кроме релаксации к равновесному состоянию в течение времени τ^p , при участии двух степеней свободы могут реализовываться как режим запоминания, так и автоколебания, а при участии трех – возможен переход в хаотическое состояние. В результате состояние технологической и эксплуатационной системы характеризуется несколькими режимами [1, 2]: релаксационным – при времени релаксации параметра порядка, намного превосходящим времена релаксации остальных степеней свободы ($\tau_{\Pi}^p > \tau_Y^p$ и $\tau_{\Pi}^p \gg \tau_C^p$); с запоминанием – при переходе из неупорядоченного состояния в «замороженный» беспорядок, реализуемый в случае, когда время релаксации параметра порядка окажется намного меньше остальных времен ($\tau_{\Pi}^p \ll \tau_Y^p$ и $\tau_{\Pi}^p \ll \tau_C^p$); автоколебательным – при соизмеримости характерных времен изменения параметра порядка и управляющего параметра или сопряженного поля ($\tau_{\Pi}^p \gtrsim \tau_Y^p$ или $\tau_{\Pi}^p \gtrsim \tau_C^p$); стохастическим – возможным при соизмеримости характерных времен всех трех степеней свободы ($\tau_Y^p \gtrsim \tau_{\Pi}^p \gtrsim \tau_C^p$).

Моделирование процессов передачи на основе синергетического подхода позволяет учитывать стабильность формирования параметров качества и рассматривать механизмы управления устойчивостью технологического и эксплуатационного процессов через использование обратных связей [1, 2].

Поскольку условия, обеспечивающие самоорганизацию поверхностных явлений и стабилизацию формирования параметров качества интенсивной обработки, являются следствием избыточности рассматриваемой технологической системы по структурному составу [1, 2], целесообразно в качестве целевой функции вместо конкретных значений совокупности критериев выбора использовать критерии самоорганизации процессов [3].

Взаимосвязанные процессы движения и обмена материальными и информационными потоками в технологической системе описываются энтропией [1, 3]:

$$\varepsilon = -K \int_0^{\infty} p \ln p dp ,$$

где K – постоянный коэффициент;

p – плотность распределения вероятных состояний системы.

Уравнение баланса локальной плотности энтропии $\rho\varepsilon$ по времени τ :

$$\partial(\rho\varepsilon) / \partial\tau + \nabla \cdot (\rho\varepsilon \vec{v}) + \nabla \cdot \vec{F}_\varepsilon = \sigma ,$$

в котором \vec{F}_ε – плотность потока энтропии;

\vec{v} – скорость потока;

$\sigma = d\varepsilon / d\tau$ – производство энтропии:

$$\sigma = \vec{F}_q \cdot [\nabla(1/T)] - \sum_{i=1}^k \vec{F}_{di} \cdot [\nabla(W_i/T) - (1/T) \vec{F}_{mi}] - (1/T) \vec{P}_g \cdot \nabla \vec{v} + \\ + (1/T) \sum_{i=1}^k W_i \sum_{r=1}^{Ro} \vec{v}_{ir} \cdot \omega_r ,$$

где \vec{F}_q – плотность теплового потока;

T – абсолютная температура;

k – число компонентов;

\vec{F}_{di} – плотность диффузионного потока i -го компонента;

W_i – химический потенциал i -того компонента;

\vec{F}_{mi} – сила масс, действующая на i -й компонент;

ω_r – сила масс, действующая на r -й компонент;

→

P_g – диссипативная часть тензора давления, описывающая вязкие силы;

R_0 – число протекающих реакций;

ν_{ir} – стехиометрический коэффициент i -го компонента r -й реакции;

ω_r – скорость r -й реакции.

В результате высокоэнергетической обработки в модифицированном переходном поверхностном слое может быть получена достаточно высокая концентрация вводимых атомов [1, 4]. Однако поскольку бомбардирующие ионы претерпевают многочисленные упругие соударения с атомами кристаллической решетки, во внедренном слое образуется большое количество радиационных дефектов, на 2-3 порядка превосходящее число имплантированных атомов. Эти два процесса оказывают существенное влияние на физико-механические и физико-химические свойства поверхности, приводя в некоторых случаях к структурным и фазовым превращениям. Сформированный указанным методом слой композиционного материала обеспечивает эксплуатацию, при которой система трения сама организуется в направлении низкой интенсивности участка нормального износа. Начальные условия формирования и реорганизации модифицированных слоев определяются химическим, фазовым и структурным составом основы, видом и энергией ионов и атомов, участвующих в процессах имплантации и осаждения покрытия, а также энергией взаимодействия поверхностей при трении. Граничные условия зависят от конструкции модифицированных слоев и относительных движений поверхностей в процессе эксплуатации.

Заключение

Изменение начальных и граничных условий в процессах формирования, модификации и эксплуатации поверхности можно осуществлять потоками энергии различной природы или одним источником с изменяющейся интенсивностью, в том числе используя энергию процессов приработки, износа и разрушения.

Последовательность воздействий при формировании граничных условий и размещении на глубине от поверхности технологических барьеров целесообразно составить в порядке, обратном работе поверхностных слоев: первоначально вносить поток энергии, действующий при эксплуатации, а в последнюю очередь – который имеет минимальные отклонения от начальных условий установившегося режима работы детали.

Рационально формировать наследуемые структуры на операциях обработки и на стадиях эксплуатации. Целесообразно связать эти процессы таким образом, чтобы созданные структуры восстанавливались или перестраивались в зависимости от условий эксплуатации поверхностных слоев детали.

Литература

1. Хейфец, М.Л. Формирование свойств материалов при послойном синтезе деталей / М.Л. Хейфец. – Новополоцк: ПГУ, 2001. – 156 с.
2. Вакуумно-плазменные технологии в ремонтном производстве / В.А. Лойко [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2007. – 190 с.
3. Синергетические аспекты физико-химических методов обработки / А.И. Гордиенко [и др.]. – Минск: ФТИ НАНБ; Новополоцк: ПГУ, 2000. – 172 с.
4. Хакен, Г. Синергетика / Г. Хакен. – М.: Мир, 1980. – 404 с.

Содержание

<i>Божанов П.В.</i> Автомобильный транспорт в логистическом обслуживании грузопотоков	3
<i>Бусел Б.У.</i> Категории карьерных дорог	15
<i>Гук В.И.</i> Транспортный полток как волна	25
<i>Гайнутдинов Э.М., Поддерезина Л.И., Поддерезин Е.В.</i> Концептуальные основы реструктуризации субъекта хозяйствования	31
<i>Гиль С.В.</i> Развитие пространственного мышления у студентов средствами компьютерной графики	39
<i>Гуськов В.В., Гринцевич Л.В., Павлова В.В., Зезетко Н.И.</i> Применение метода функционально-стоимостного анализа при проектировании многоцелевых колесных и гусеничных машин	46
<i>Жаболенко М.В.</i> Организация и управление сервисной логистикой на современном автомобильном предприятии	53
<i>Момот М.С.</i> Анализ существующих интеллектуальных транспортных систем, применяемых во время перевозки опасных грузов на автомобильном транспорте	59
<i>Альферович В.В., Предко А.В.</i> Анализ преобразующего механизма двигателя с регулируемой степенью сжатия	65
<i>Кухаренок Г.М., Гершань Д.Г.</i> Влияние состава бутанолсодержащего топлива на процесс сгорания дизеля	68
<i>Кухаренок Г.М., Петрученко А.Н., Гершань Д.Г.</i> Параметры рециркуляции отработавших газов в дизеле, работающем на смесях дизельного топлива и бутанола	75
<i>Кухарёнок Г.М., Петрученко А.Н., Капский Д.В.</i> Показатели рабочего процесса дизеля, работающего на смесях дизельного топлива и метилового эфира жирных кислот рапсового масла	80
<i>Гюлев Н.У.</i> Тенденции изменения времени реакции водителя в дорожных заторах	92
<i>Копко Ю.А.</i> Зарубежный опыт использования газомоторного топлива	96
<i>Куш Е.И., Галкин А.С.</i> К вопросу о формировании метода выбора транспортного средства оптимальной грузоподъемности	103
<i>Липницкий Л.А., Пильгун Т.В., Ковалев В.А.</i> Развитие маркетинга и его особенности в условиях Республики Беларусь	109
<i>Латтанович Д.М., Веренич И.А.</i> Методы диагностики и расчеты надежности станочной гидроаппаратуры	116
<i>Матвеева Н., Данилкович В.</i> Оценка эффективности ограничения доступа транспортных средств в центральную часть города	125
<i>Мельниченко А.И., Осипов В.А.</i> Изучение влияния отдельных технических факторов на потери в движении транспорта	132

<i>Осинов В.А.</i> Изучение возможности применения метода зон дилеммы при прогнозировании аварийности в местах установки средств принудительного снижения скорости	135
<i>Поварехо А.С.</i> Анализ торможения машины с использованием гидрообъемной передачи	139
<i>Сидоров С.А., Сонич О.А.</i> Техническое регулирование конструктивной безопасности дорожных транспортных средств в Республике Беларусь: от национального к глобальному	145
<i>Тозик А.А.</i> Пути повышения мотивации труда работников автотранспортных предприятий в новых условиях хозяйствования	151
<i>Энглези И.П., Ефименко А.Н., Мойся Д.Л.</i> Исследование устойчивости модели тележки Колесного транспортного средства	158
<i>Кузьменко В.Н., Мозалевский Д.В., Полховская А.С., Муравьева Н.С.</i> Успокоение движения для повышения качества дорожного движения	165
<i>Капский Д.В., Кузьменко В.Н., Мозалевский Д.В., Полховская А.С., Муравьева Н.С., Артюшевская Н.В.</i> Пример реконструкции нестандартного нерегулируемого перекрестка в одном уровне в кольцевой	173
<i>Кузьменко В.Н., Мозалевский Д.В., Полховская А.С., Муравьева Н.С., Коржова А.В., Горелик Е.Н., Артюшевская Н.В.</i> Совершенствование организация движения на улице с «грязным» движением	180
<i>Кузьменко В.Н., Мозалевский Д.В., Полховская А.С., Муравьева Н.С., Коржова А.В., Горелик Е.Н., Артюшевская Н.В., Лукьянчук А.Д.</i> Аудит безопасности дорожного движения на нерегулируемом пешеходном переходе	187
<i>Кузьменко В.Н., Мозалевский Д.В., Полховская А.С., Муравьева Н.С.</i> Применение кольцевых перекрестков различного радиуса на магистральной сети крупнейшего города	193
<i>Кузьменко В.Н., Мозалевский Д.В., Полховская А.С., Муравьева Н.С.</i> Сдерживание скорости движения транспортного потока на нерегулируемом пешеходном переходе	200
<i>Кузьменко В.Н., Мозалевский Д.В., Полховская А.С., Муравьева Н.С.</i> Проектирование системы Организации движения на многоуровневом паркинге	206

Секция «Перспективные технологии по техническому обслуживанию и ремонту автомобильной техники»

<i>Вербицкий В.Г., Макаров В.А., Кулиев Р.А.</i> Курсовая устойчивость автомобиля при воздействии внешних боковых сил	212
---	-----

<i>Ивашко В.С., Буйкус К.В., Пукалскас С., Римкус А.</i> Влияние механизации текущего обслуживания и ремонта автобусов на их надежность	222
<i>Ивашко В.С., Буйкус К.В.</i> Исследование методов восстановления посадочных отверстий в деталях типа «Корпус»	228
<i>Ивашко В.С., Буйкус К.В.</i> Восстановление изношенных шеек валов газотермическим напылением с одновременной компрессионно-механической обработкой	232
<i>Ивашко В.С., Буйкус К.В.</i> Исследование структуры покрытий на основе алмазоподобного углерода и функциональных размеров деталей с упрочняющими алмазоподобными покрытиями	238
<i>Ивашко В.С., Буйкус К.В.</i> Восстановление плунжерных пар гальваномеханическим осаждением покрытий	245
<i>Лойко В.А., Ивашко В.С.</i> Нанесение вакуумно-плазменных интерметаллидных <i>Al-Fe</i> покрытий на теплонагруженные детали автотракторной техники	249
<i>Леонтьев Д.Н., Красюк А.Н., Дон Е.Ю.</i> Статическая характеристика электронно-пневматической тормозной системы	254
<i>Макаров В.А., Волохов А.С., Фисенко К.С.</i> Экспериментальное исследование курсовой устойчивости движения легкового автомобиля ..	262
<i>Поклад Л.Н., Иванис П.В.</i> Расчет выбросов вредных веществ в окружающую среду при работе карьерных самосвалов	268
<i>Макаров В.А., Шиконов Е.М., Соломонов Д.Г.</i> Характеристика показателей курсовой устойчивости движения	272
<i>Николаевич А.И., Буяшов В.П.</i> Применение метода математического моделирования при проектировании жидкостно-масляных теплообменников для автотранспортных средств	278
<i>Самко Г.А.</i> Системный подход к обеспечению безопасности автоперевозок	284
<i>Трифонов Н.Ю., Скрыган С.В.</i> Метод аналитического расчета обесценивания автомобилей на основе рыночных данных	290
<i>Шостак В.Г., Назин А.Е.</i> Подход к оценке эффективности технической эксплуатации автомобилей	294
<i>Шостак В.Г., Ивчик О.А.</i> Направления развития системы технического обслуживания и ремонта в вооруженных силах Республики Беларусь	301
<i>Хейфец М.Л., Лойко В.А., Ивашко В.С.</i> Системная модель технологий изготовления, упрочнения и эксплуатации деталей автомобилей	307

Научное издание

**ОРГАНИЗАЦИЯ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ
И ПЕРЕВОЗОК ПАССАЖИРОВ И ГРУЗОВ
И ТРАНСПОРТ**

Сборник научных трудов конференции

Подписано в печать 25.10.2017. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 18,37. Уч.-изд. л. 14,36. Тираж 80. Заказ 739.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.