ДОНЕЦЬКА АКАДЕМІЯ автомобільного транспорту

Вісник Донецької академії автомобільного транспорту

№ 1
2015

Науковий журнал

Засновник:
Донецька академія автомобільного транспорту

Видавець:
ПП «Рекламно-виробнича фірма «Молнія»
Адреса: вул. Октября, 22 а,
м. Донецьк, 83030
тел.: (062) 388-21-67

За достовірність фактів, цифр, точність імен та прізвищ несуть відповідальність автори статей

До журналу увійшли статті співробітників, аспірантів та докторантів Донецької академії автомобільного транспорту та інших навчальних закладів

Матеріали номера друкуються мовою оригіналу

Видання виходить 4 рази на рік
Видається з січня 2004 року

Адреса редакції:
пр. Дзержинського, 7
м. Донецьк, 83086,
Тел. (062) 345-21-90
E-mail: nauka@diat.edu.ua
URL: journal.diat.edu.ua

Рекомендовано до друку вченою радою Донецької академії автомобільного транспорту.
Протокол № 7 від 29.04.2015 р.

Редакційна колегія:

Головний редактор
Енглезі І.П., *ректор Академії, к.т.н., доцент*

Заступник головного редактора
Макаров В.А., *д.т.н., доцент*

Члени редколегії:
Балабін І.В., *д.т.н., професор (Російська Федерація)*
Бєлов Ю.В., *к.т.н., доцент*
Бєлоусов В.В., *д.т.н., професор*
Бруннер Х., *д.т.н., професор (Німеччина)*
Вербицький В.Г., *д.ф.-м.н., професор*
Вовк Л.П., *д.т.н., професор*
Горожанкін С.А., *д.т.н., професор*
Доля В.К., *д.т.н., професор*
Загороднов М.І., *к.т.н., доцент*
Заренбін В.Г., *д.т.н., професор*
Кравченко О.П., *д.т.н., професор*
Макогон Б.П., *к.ф.-м.н., доцент*
Міротін Л.Б., *д.т.н., професор (Російська Федерація)*
Міщенко М.І., *д.т.н., професор*
Поліщук В.П., *д.т.н., професор*
Самородов В.Б., *д.т.н., професор*
Сахно В.П., *д.т.н., професор*
Сладковський О., *д.т.н., професор (Польща)*
Сунцов М.В., *д.х.н., професор*
Ткаченко В.П., *д.т.н., професор*
Федоров Є.Є., *д.т.н., доцент*
Хаханов В.І., *д.т.н., професор*

Відповідальний секретар
Гончарук В.Л.

Коректор
Виставкіна Т.Е.

Технічний редактор
Руденко О.В.

ВІСНИК ДОНЕЦЬКОЇ АКАДЕМІЇ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

Науковий журнал

Засновник:

Донецька академія автомобільного транспорту

Видавець:
ПП «Рекламно-виробнича фірма «Молнія»
Адреса:
вул. Октября, 22 а,
м. Донецьк, 83030
Тел.: (062) 388-21-67
За достовірність фактів, цифр, точність імен та прізвищ несуть відповідальність автори статей.

У журнал увійшли статті співробітників, аспірантів та докторантів
Донецької академії автомобільного транспорту та інших навчальних закладів

Матеріали номера друкуються мовою оригіналу

Видання виходить 4 рази на рік
Видається з січня 2004 року

Адреса редакції:
пр. Дзержинського, 7
м. Донецьк, 83086
Тел: (062) 345-21-90
E-mail: nauka@diat.edu.ua
URL: journal.diat.edu.ua

Рекомендовано до друку вченою радою Донецької академії автомобільного транспорту
Протокол № 7 від 29.04.2015 р.

Свідоцтво про державну реєстрацію: серія КВ № 15 936-4408 ПР від 02.12.2009 р., видане Міністерством юстиції України.

«Вісник Донецької академії автомобільного транспорту» включений до Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (постанова президії ВАК України від 10 лютого 2010 р. № 1-05/1).

Електронна версія видання надається у вільний доступ на власному сайті журналу «Вісник Донецької академії автомобільного транспорту» та на сайті Національної бібліотеки України імені В.І. Вернадського.

Видання розміщено на платформі Наукової електронної бібліотеки Російської Федерації і обробляється наукометричною базою «Российский индекс научного цитирования».

Видання розміщено і обробляється наукометричною базою «Академія Google».

Видання відображається у реферативній базі даних «Україніка наукова».

ISSN 2219-8180

Підписано до друку 29.04.2015 р. Формат 60 х 84/8. Папір офсетний.
Ум. друк. арк. 4,625. Наклад 100 прим.

Віддруковано у друкарні ПП «Рекламно-видавнича фірма «Молнія»
Адреса:
вул. Октября, 22 а,
м. Донецьк, 83030
Тел.: (062) 388-21-67

© Вісник Донецької академії автомобільного транспорту, 2015

Зміст

Транспортні технології

Домбалян А.В. **Характеристика методики моделирования и определения перспективного спроса на транспортные передвижения и его распределения в транспортной системе** 4

Веремеенко Е.Г. **Моделирование системы управления автомобильным транспортом при его прибытии на зерновой терминал** 11

Колесникова Е.А. **Государственно-частное партнерство в транспортной инфраструктуре** 18

Шурко Г.К., Шурко И.Л. **Вероятностная модель безотказного функционирования технической системы** 23

Грабельников В.А., Тодоров М.А. **Актуальність проблеми чинників, що впливають на ризик скоєння ДТП** 29

Транспорт і двигуни внутрішнього згоряння

Александров В.Д., Соболь О.В., Соболев А.Ю., Марченкова Ю.А. **Использование теплоаккумулирующих материалов на основе кристаллогидратов солей натрия в транспортных средствах** 34

Прилепский Ю.В. **Повышение эффективности стендовой горячей обкатки двигателей внутреннего сгорания** 42

Надійність і довговічність механізмів машин

Котесова А.А. **Увеличение и оптимизация вероятности безотказной работы детали** 55

Теплякова С.В. **Анализ принципов обеспечения абсолютной безотказности деталей машин** 65

Автори номера 71

Правила подання та оформлення статей 72

Порядок рецензування статей 74

УДК 656.13

ДОМБАЛЯН А.В., ассистент
Ростовский государственный строительный университет

ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДИКИ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО СПРОСА НА ТРАНСПОРТНЫЕ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ И ЕГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ В ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ

В данной статье затрагивается актуальная проблема – моделирование и определение перспективного спроса на транспортные передвижения. Прогноз интенсивности движения автомобильной дороги основан на создании и использовании компьютерной модели транспортной системы зоны тяготения участка. Компьютерная модель реализует двухэтапную вычислительную процедуру и имеет традиционную для мировой практики транспортных расчетов структуру «спрос - нагрузка».
Ключевые слова: *транспортный спрос, перспективная интенсивность, транспортная модель, платная дорога*

Постановка проблемы

Российские системы управления платными транспортными магистралями в своем развитии стремятся к лучшим европейским аналогам, поддерживающим широчайший спектр современных технических решений для оптимизации проезда через контрольно-пропускные пункты и обеспечения максимально высокой пропускной способности.

Анализ последних исследований и публикаций

Современные достижения транспортного моделирования позволяют получать удовлетворительные результаты на субрегиональном, региональном, государственном и межгосударственном уровнях. В связи с этим к задачам транспортного моделирования могут быть добавлены результаты исследований эффективности работы контрольно-пропускных пунктов на платных автомобильных дорогах[1, 2].

Цель статьи

Целью статьи является анализ методики моделирования и определения перспективного спроса на транспортные передвижения. В работе представлены схемы работ по прогнозированию интенсивности движения транспорта на автомобильной дороге.

Основная часть

Автодорожная сеть во всем мире изначально формировалась в рамках государственного сектора экономики, и её финансирование осуществлялось за счет средств государственного бюджета, а позже также и за счёт дорожных фондов, входивших в систему государственных финансов. Складывавшаяся на протяжении многих десятилетий система финансирования автодорожной инфраструктуры стала давать серьёзные перебои в середине XX века, и её кризис все более обострялся в течение второй половины столетия. В 50-е – 60-е годы в промышленно развитых странах резко возросли темпы автомобилизации, и на основных транспортных магистралях стали возникать загрузки, создавшие серьёзные экономические, социальные и экологические проблемы. Возникла потребность в существенном расширении автодорожной сети и реконструкции существующих дорог и других объектов автодорожной инфраструктуры. В то же время возможность финансирования крупных дополнительных капиталовложений в автодорожную инфраструктуру были крайне ограничены, учитывая обостряющиеся дефициты госу-

дарственных бюджетов многих промышленно развитых стран; возможности дальнейшего наращивания доходной базы дорожных фондов также были в значительной мере исчерпаны. До середины 80-х годов большую часть поступлений в дорожные фонды Западной Европы и США составляли отчисления в виде налога на автомобильной топливо; в условиях энергетического кризиса вызвавшего рост цен на топливо, значительное увеличение указанного налога исключалось. В 70 – 80-е годы происходило постепенное изменение структуры доходной базы дорожных фондов, но без значительного увеличения объёмов поступлений в них [3].

В этих условиях ряд государств в 50-е – 60-е годы начал прибегать к таким способам финансирования капиталовложений в автодорожную инфраструктуру, как выдача бюджетных кредитов на строительство дорог и получение займов от банков и других кредитных учреждений на те же цели. Получателями бюджетных кредитов, а также средств мобилизуемых с помощью займов являлись дорожные агентства и специально создаваемые государственные или смешанные компании, которые реализовывали соответствующие инвестиционные проекты и возвращали государству основную сумму долга и проценты (в случае бюджетных кредитов проценты иногда не начислялись. В некоторых случаях агентства и компании, реализовавшие проект, получали заемные средства непосредственно от негосударственных банков и кредитных учреждений под гарантии государства и после реализации проекта погашали долг напрямую этим организациям.

Независимо от конкретных схем такого возвратного финансирования инвестиционных проектов, все они предусматривали принцип платности дорог и других объектов автодорожной инфраструктуры. Средства, взимавшиеся с пользователей платных дорог (ПД), использовались на погашение основной суммы долга процентов по кредитам, займам и ссудам, а также направлялись на содержание и ремонт платных магистралей. В некоторых случаях плата за проезд устанавливалась на существующих дорогах. В этом случае сборы предназначались для финансирования реконструкции этих дорог и повышения качества их содержания. Иногда предусматривалось, что выручка, получаемая компанией - оператором данной дороги, используется не только для поддержания на должном уровне её качества, но также и для строительства другой дороги. Сложные схемы могли предусматривать передачу государством компании-оператору нескольких дорог одновременно при одновременном обязательстве со стороны компании осуществлять финансирование строительства нескольких новых дорог[4].

С целью обеспечения максимальной точности и объективности результатов прогноза перспективной интенсивности дорожного движения по участку км 1119+500 – км 1195 автомобильной дороги М-4 «Дон» в математической модели учтена динамика изменения основных технических параметров опорной сети автомобильных дорог, расположенных в Ростовской области, Краснодарском крае и Республике Адыгея (далее – зона влияния). В качестве опорной сети данных субъектов Российской Федерации приняты все участки автомобильных дорог федерального и регионального или межмуниципального значения, проходящие по территории зоны влияния, которые обеспечивают международные и межрегиональные связи и, соответственно, могут формировать потенциальные альтернативные автодорожные маршруты проезда в обход рассматриваемого в данной работе участка автомобильной дороги М-4 «Дон»[5].

Основными техническими параметрами автомобильных дорог, использованными при математическом моделировании транспортных потоков и определении перспективной интенсивности дорожного движения, являлись техническая категория и число полос движения.

При расчете транспортных потоков были учтены следующие факторы, влияющие на загрузку автомобильных дорог области и распределение транспортных потоков: ширина проезжей части и количество полос движения; категория дороги и расчетная скорость; наличие ограничений скорости транспортных потоков; особенности организации дорожного движения, конфигу-

рации развязок; наличие платных объектов дорожной инфраструктуры (для прогнозных расчетов); система оплаты и тарифы на автомобильной дороге М-4 «Дон».

Особенностью методики моделирования, предлагаемой для участка км 1119+500 - км 1195 автомобильной дороги М-4 «Дон», является возможность учета при распределении спроса на пассажирские передвижения транспорта общего пользования, прежде всего пригородного железнодорожного. Необходимость такого учета обусловлена прохождением в зоне непосредственного тяготения участка автомобильной дороги М-4 «Дон» линии железной дороги, характеризующейся наличием достаточно интенсивного пригородного движения, и высокой плотностью станций[6].

Зона моделирования охватывает территорию Краснодарского края, Ростовской области и Республики Адыгея. Это позволяет учесть возможности перераспределения транзитных относительно рассматриваемого участка транспортных потоков, реализующих протяженные грузовые и пассажирские корреспонденции центра европейской части России с районами черноморского побережья Новороссийского и Сочинского направлений и с регионом Северного Кавказа.

Важным этапом прогноза транспортных потоков является процесс калибровки модели, состоящий в подборе ее расчетных параметров (коэффициентов предпочтения), которые в принципе невозможно получить в результате обследований и сбора статистической информации. Калибровка модели осуществлялась на основе ретроспективных расчетов, в процессе которых достигалась близость результатов, полученных на основе моделирования, к данным, описывающим известную по результатам детального обследования интенсивности транспортных потоков ситуацию. В качестве описания такой эталонной ситуации (нулевой вариант) были использованы данные об интенсивности транспортных потоков, полученные в результате обследований[7].

Общая схема работ по прогнозированию интенсивности движения транспорта на автомобильной дороге М-4 «Дон» и дорожной сети зоны моделирования представлена на рисунках 1, 2 и 3. Предлагаемая структура спроса позволила:

- выделить поездки различной степени частоты:
  - – ежедневные (трудовые и учебные);
  - – совершаемые с регулярностью 1-2 раза в неделю (деловые и культурно-бытовые);
  - – разовые (транзитные и реализующие внешние связи зоны моделирования);
- учесть сезонную неравномерность спроса на передвижения;
- оценить и спрогнозировать транспортную ситуацию на дорожной сети зоны моделирования в будни для дневного часа «пик», когда преимущественно осуществляются деловые и культурно-бытовые поездки, а также для утренних и вечерних часов, определяемых пиком трудовых перевозок.



Рис.1. Схема структуры спроса



Рис.2. Схема процесса формирования модели автомобильной дороги

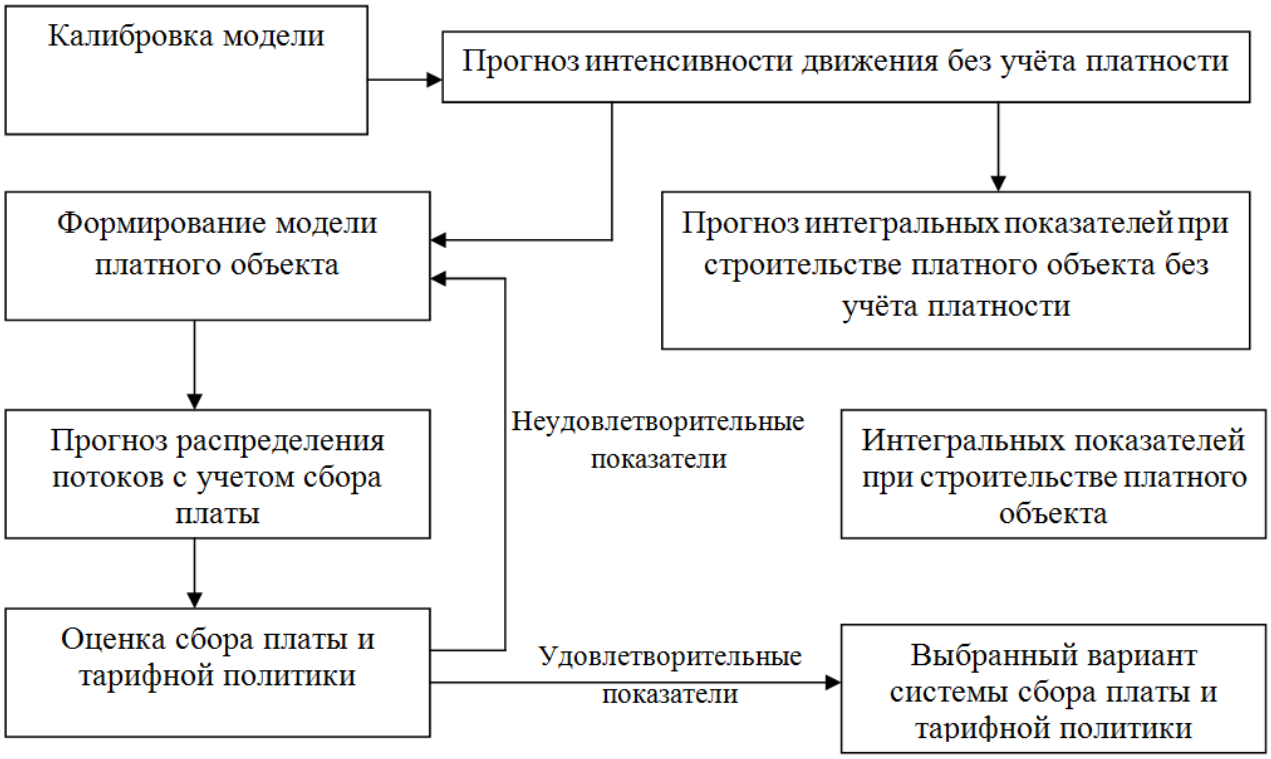


Рис.3. Схема процесса прогнозирования интенсивности движения автотранспорта на платных объектах дорожной инфраструктуры

Модель, использованную для расчета транспортных потоков на автодороге М-4 «Дон» и дорожной сети зоны моделирования, отличают несколько принципиальных особенностей, а именно:

– Традиционно в модельных расчетах не выполнялось стратификации спроса на передвижения по его целям. В предлагаемой методике и модели осуществлен независимый расчет всех перечисленных выше видов корреспонденций. Выделение в структуре спроса на передвижения целевых составляющих (трудовых, деловых и культурно-бытовых, в том числе рекреационных корреспонденций) позволяет детально учесть специфику распределения их терминальных пунктов по зоне моделирования, что значительно увеличивает точность транспортной модели.

– При прогнозе поездок с трудовыми целями были учтены не только данные о количестве жителей и количестве мест приложения труда, но и их специфика, в частности, выделяются корреспонденции на связях с Ростовом-на-Дону. Дифференциация информации о местах приложения труда по видам занятости позволила смоделировать отличия в транспортном поведении разных участников движения, что повысит достоверность расчета матриц корреспонденций.

– При прогнозе поездок с деловыми и культурно-бытовыми целями также была выделена составляющая, связанная с поездками в Ростов-на-Дону и Краснодар. Была учтена возможность перераспределения части регулярного пассажиропотока на альтернативные виды транспорта, в частности на железную дорогу.

Моделирование распределения транспортных потоков на дорожной сети области осуществлялось путем построения равновесного потока на специальном графе организации движения, вершины которого соответствуют стоп - линиям на подходах к перекресткам, а дуги – проездам транспорта между стоп – линиями[8].

С математической точки зрения задача прогноза интенсивности движения транспортных потоков представляет собой задачу минимизации интегрального функционала специального вида при ограничениях потокового типа. Эта задача решается методом градиентного спуска (алгоритм Франка-Вольфа).

При определении времени проезда учитывались:

– расчетные скорости движения на участках автодорог;

– ограничение скорости движения на отдельных участках и на территории населенных пунктов;

– снижение скорости транспортного потока, обусловленное ростом его интенсивности, которое рассчитывалось с учетом характеристик участков дорожной сети;

– задержки транспорта, обусловленные проездом через перекрестки, оборудованные светофорным регулированием (на территориях населенных пунктов), которые рассчитывались по формуле Вебстера с учетом параметров светофорного регулирования;

– задержки транспорта на железнодорожных переездах.

Выводы

Учет ограничений, связанных с запретами отдельных маневров транспортных средств, в том числе на развязках, осуществлялся путем исключения из графа организации движения соответствующих дуг.

Учет платности проезда на автомагистрали М-4 осуществлялся путем включения в граф дополнительных дуг («дуг оплаты»), отражающих въезд на автомагистраль, затраты на проезд по которым соответствовали тарифу за проезд по автомагистрали, а на других платных участках автодорог - путем включения «дуг оплаты» в перегоны этих магистралей, что позволяет моделировать покилометровую систему оплаты.

Организация платного проезда по рассматриваемому участку дороги приведет к снижению интенсивности движения (примерно на 23-30% по сравнению с вариантом бесплатной эксплуатации). Снижение произойдет как за счет перераспределения части потока по другим бесплатным маршрутам, в том числе и по предлагаемому альтернативному маршруту движения, так и вследствие отказа от поездок на автомобилях части пользователей и предпочтения ими железнодорожного транспорта.

В настоящее время платные автомобильные дороги имеются в большинстве развитых стран мира, при этом отмечается рост их протяжённости и формирование взаимосвязанных систем платных магистралей. Правительства целого ряда развивающихся государств реализуют программы строительства платных дорог с привлечением частных инвестиций. Таким образом, положительный опыт создания систем платных автомобильных дорог получает всё большее распространение в мире.

Список литературы

1. A method of computing the traffic flow distribution density in the network with new flow-forming objects being put into operation Naumova N.A., Zyryanov V.V. Journal of Theoretical and Applied Information Technology. 2015. Т. 78. № 1. С. 76-83.

2. Особенности методов моделирования на платных дорогах. Домбалян А.В., Галкина Г.А. Инженерный вестник Дона,2013 Т.27 №4,с.168

3. Особенности методов управления транспортным спросом. Домбалян А.В. Научное обозрение, 2014 №10-2 с. 568-571

4. Метод динамического расчета матрицы корреспонденций Наумова Н.А., Зырянов В.В. Фундаментальные исследования. 2015. № 2-21. С. 4622-4624.

5. Особенности применения основной диаграммы транспортного потока на сетевом уровне. Зырянов В.В. Известия Волгоградского государственного технического университета. 2013. Т. 7. № 21 (124). С. 71-74.

6. Развитие и совершенствование системы управления платными дорогами Домбалян А.В. Научное обозрение, 2014 №10-3 с. 823-826

7. Применение моделей выбора маршрута движения при прогнозировании распределения транспортных потоков на проектируемой дорожной сети Зырянов В.В., Кочерга В.Г., Феофило-

ва А.А. Актуальные вопросы проектирования автомобильных дорог. Сборник научных трудов ОАО ГИПРОДОРНИИ. 2013.№ 4 (63). С. 33-40.

8. Моделирование и анализ спроса на объекты совершенствования транспортной сети Зырянов В.В., Криволапова О.Ю. Инженерный вестник Дона. 2012. Т. 22. № 4-1 (22). С. 117.

Домбалян А.В. Характеристика методики моделювання та визначення перспективного попиту на транспортні пересування і його розподілу в транспортній системі

Анотація. *У даній статті зачіпається актуальна проблема - моделювання та визначення перспективного попиту на транспортні пересування. Прогноз інтенсивності руху автомобільної дороги заснований на створенні та використанні комп'ютерної моделі транспортної системи зони тяжіння ділянки. Комп'ютерна модель реалізує двоетапну обчислювальну процедуру і має традиційну для світової практики транспортних розрахунків структуру «попит - навантаження».*

Ключові слова: *транспортний попит, перспективна інтенсивність, транспортна модель, платна дорога.*

Dombalyan A.V. Feature modeling techniques and identify future demand for transport movement and its distribution in the transport system

Annotation. *This article address the actual problem - modeling and identification of future demand for transport movement. Forecast of road traffic based on the creation and use of a computer model of the transport system of gravitation zone area. Computer model implements a two-step procedure for computing and has a traditional practice for the global transport calculations of the structure of "demand - load".*

Keywords: *transport demand, promising intensity, transport model, a toll road*

Стаття надійшла до редакції 05.03.2015 р.

УДК 656.025.6

ВЕРЕМЕЕНКО Е.Г.
Ростовский государственный строительный университет

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ ПРИ ЕГО ПРИБЫТИИ НА ЗЕРНОВОЙ ТЕРМИНАЛ

В статье рассмотрена работа автомобильного транспорта на зерновом терминале при внедрении управляющей системы. Построена имитационная модель работы терминала, которая наглядно отображает экономию времени от внедрения системы управления, по сравнению со случайным или поочередным выбором каждого пункта обслуживания. Управление заключается в осознанном выборе системой той секции, которая в данный момент свободна или по расчетам освободиться ранее других.
Ключевые слова: *автомобильный транспорт, зерновой терминал, имитационное моделирование, распределение Пуассона.*

Постановка проблемы

Ростовская область является одним из крупнейших регионов уборки и экспорта зерновых культур. Отгрузка на экспорт зерна и продуктов его переработки осуществляется преимущественно через порты. За 2015 год из Ростовской области – отгружено 239,3 тыс. тонн зерновых культур, в том числе пшеницы – 158,61 тыс. тонн. В порт зерно попадает чаще всего с использованием автомобильного транспорта.

Уборка зерновых культур носит сезонный характер. Из-за этого возникает серьезная проблема для транспортной сети региона. В ограниченное время значительное количество автомобилей-зерновозов прибывают в порт, с целью выгрузки зерна. Это создает повышенную нагрузку на внутригородские дороги и федеральные трассы [1]. Автомобили выстраиваются в очереди, полностью блокируя полосу движения.

Анализ последних исследований и публикаций

Имитационное моделирование часто используется для отображения результатов управляющего воздействия человека на работу системы. В данной статье на примере реальных данных работы зернового терминала показано сокращение времени ожидания обслуживания автомобилей в результате внедрения системы регулирования.

Цель статьи

Построить имитационную модель системы управления автомобильным транспортом при его прибытии на зерновой терминал. Применение данной модели на практике должно значительно сократить очереди из автомобилей, прибывших на терминал с целью выгрузки зерна.

Основной раздел

Организация работы зернового терминала не предполагает наличие системы оперативного регулирования подвода автомобилей к пунктам их обработки. В результате возникают простои автомобилей у одних пунктов обработки, в то время как другие пункты свободны.

Для того чтобы подобную систему внедрить, необходима покупка оборудования, позволяющего собирать, хранить и передавать информацию о состоянии пунктов обработки транспортных средств, продолжительности операций и т.д. Сама система управления также требует разработки, с учетом особенностей работы каждого конкретного терминала, и постоянной отладки в процессе работы [2].

Произведем расчет, в результате которого станет ясно оправдано внедрение системы управления автомобилями на зерновом терминале или нет [3].

Автомобильный транспорт работает 24 часа в сутки. При прибытии на зерновой терминал грузовой автомобиль следует в пункт экспресс-анализа зерна. Там осуществляется забор пробы зерна для определения массовой доли белка, влаги, клейковины и других показателей позволяющих установить, к какому классу относится образец. Затем автомобиль отправляется в пункт разгрузки.

На рассматриваемом терминале имеется два пункта экспресс-анализа зерна и два разгрузочных пункта.

По данным статистических исследований было установлено, что прибытие автомобилей на зерновой терминал носит случайный характер и описывается законом Пуассона (интенсивность λ_a = 3 автомобиля в час).

Колебания продолжительности экспресс-анализа и разгрузки описываются нормальным законом распределения. Параметры для экспресс-анализа: математическое ожидание $\overline{t_{эа}}$ = 20 мин, среднее квадратичное отклонение $\sigma_{эа}$ = 7 мин; для операции выгрузки зерна: математическое ожидание $\overline{t_{выг}}$ = 30 мин, среднее квадратичное отклонение $\sigma_{выг}$ = 7 мин.

Простои автомобилей в ожидании обработки носят вероятностный характер. Следовательно, для получения наиболее точных результатов нам необходимо построение имитационной модели работы терминала.

Поток автомобилей, прибывающих на терминал, носит случайный характер и описывается распределением Пуассона [3]. Следовательно, интервал между прибывающими автомобилями можно рассчитать по формуле:

$$I_i = -\frac{1}{\lambda_a} \ln R_i, \tag{1}$$

где R_i – случайное равномерно распределенное число, в интервале от 0 до 1;

I_i – интервал между последовательно прибывающими автомобилями.

Для определения продолжительности операций экспресс-анализа и выгрузки зерна воспользуемся формулами (2) и (3) соответственно.

$$t_{эа1} = \overline{t_{эа}} + R_{HS} * \sigma_{эа}, \tag{2}$$

где $t_{эа1}$ – время проведения экспресс-анализа для первого автомобиля,

R_{HS} – нормальное случайное отклонение, произвольно взятое из таблицы «Нормальные нормированные случайные отклонения R_{HS}».

$$t_{выг1} = \overline{t_{выг}} + R_{HS} * \sigma_{выг}, \tag{3}$$

где $t_{выг1}$ – время проведения операции выгрузки для первого автомобиля.

Регулирование в данном случае мы понимаем как указание каждому транспортному средству, к какой секции экспресс-анализа или пункту выгрузки ему направляться. [4]

Для придания расчетам наглядности сравним общее время простоев автомобилей на терминале при следующих допущениях:

– водитель самостоятельно выбирает, к какой секции ему следовать (случайный выбор);

– система поочередно отправляет автомобили к первой и второй секциям (поочередный выбор);

– система направляет транспортное средство к той секции, которая в данный момент свободна или освободиться ранее других (регулирование).

Результаты расчетов, моделирующих работу автомобильного транспорта на зерновом терминале за сутки, представлены в таблице 1.

Для моделирования случайного выбора мы пользовались следующей схемой действий: генерируем таблицу случайных равномерно распределенных чисел от 0 до1; так как на складе две секции, то при попадании случайного числа в интервал от 0 до 0,5 автомобиль направляется к первому пункту, а в случае попадания случайного числа в интервал от 0,5 до 1, автомобиль едет к пункту 2.

Проанализируем данные, полученные в таблице 1. Итоговые значения, позволяющие оценить экономию времени от внедрения системы регулирования, представим в таблице 2.

Выводы

В результате построения имитационной модели работы зернового терминала наглядно видна разница во времени ожидания автомобилями обслуживания. [5] Сравним время ожидания при случайном выборе автомобилем пункта обслуживания и время ожидания при регулировании. Экономия времени при внедрении системы регулирования составляет 7439 минут (123 часа) за каждые сутки. Если же сравнивать поочередный выбор пунктов обслуживания и систему регулирования, то экономия составит 72 минуты в сутки. Уменьшение очереди из ожидающих обслуживания автомобилей очевидно.

Список литературы

1. Зырянов В.В., Кочерга В.Г., Феофилова А.А. Применение моделей выбора маршрута движения при прогнозировании распределения транспортных потоков на проектируемой дорожной сети Актуальные вопросы проектирования автомобильных дорог // Сборник научных трудов ОАО ГИПРОДОРНИИ. 2013. № 4 (63). С. 33-40.

2. Кочерга В.Г., Зырянов В.В., Хачатурян А.В. Планирование и организация грузовых автомобильных перевозок на улично-дорожной сети мегаполисов // «Инженерный вестник Дона», 2012, Т. 20. № 2. с. 737-741.

3. Правдин Н.В., Негрей В.Я., Подкопаев В. Взаимодействие различных видов транспорта: (примеры и расчеты) – М.: Транспорт, 1989. – 208 с.

4. Миротин Л.Б., Гудков В.А., Зырянов В.В и др. Управление грузовыми потоками в транспортно-логистических системах [Текст]: Монография / Л.Б. Миротин, В.А. Гудков, В.В. Зырянов и др. – Москва: Горячая линия – Телеком, 2010. – 704 с.

5. Зырянов В.В. Методы оценки адекватности результатов моделирования // Инженерный вестник Дона. 2013. Т. 25. № 2 (25). с. 132.

Таблица 1

Моделирование работы автомобильного транспорта на зерновом терминале за сутки

№ ТС	R_i	Интервал между ТС	Время прибытия		№ секции ЭА			$R_{нз}$	Продолжительность ЭА, мин	Продолжительность ожидания ЭА, мин						№ секции выгрузки			$R_{нз}$	Продолжит. Выгрузки, мин	Продолжительность ожидания выгрузки, мин					
										Случ. Выбор		Поочер. Выбор		Регулир.							Случ. Выбор		Поочер. Выбор		Регулир.	
			Часы	минуты	Случайный выбор	Поочередный выбор	Регулирование			Пункт 1	Пункт 2	Пункт 1	Пункт 2	Пункт 1	Пункт 2	Случайный выбор	Поочередный выбор	Регулирование			Пункт 1	Пункт 2	Пункт 1	Пункт 2	Пункт 1	Пункт 2
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*	*13*	*14*	*15*	*16*	*17*	*18*	*19*	*20*	*21*	*22*	*23*	*24*	*25*	*26*	*27*
1	0	0	0	0	1	1	1	-0,202	19	0		0		0		2	1	1	-1,303	21		0	0		0	
2	0,455479	16	0	16	2	2	2	0,42	23		0		0		0	1	2	2	-1,103	22	0			0		0
3	0,681347	8	0	24	2	1	1	2,417	37		15	0		0		1	1	1	1,181	38	0		0		0	
4	0,207449	31	0	55	1	2	2	0,26	22	0			0		0	2	2	2	-0,58	26		0		0		0
5	0,829587	4	0	59	1	1	1	-0,353	18	18		2		2		2	1	1	-0,151	29		8	20		20	
6	0,413415	18	1	17	2	2	2	-2,555	2		0		0		0	1	2	2	-0,712	25	35			24		24
7	0,552305	12	1	29	2	1	1	0,666	25		0	0		0		1	1	1	-0,149	29	25		14		14	
8	0,831231	4	1	33	2	2	2	0,077	21		21		0		0	1	2	2	0,526	34	33			14		14
9	0,261155	27	2	0	2	1	1	-1,365	10		15	0		0		2	1	1	-0,027	30		0	27		27	
10	0,858056	3	2	3	2	2	2	1,833	33		22		0		0	2	2	2	-0,154	29		0		6		6
11	0,382675	19	2	22	2	1	1	0,308	22		36	0		0		2	1	1	2,537	48		7	23		23	
12	0,93482	1	2	23	1	2	2	0,768	25	0			13		13	1	2	2	1,359	40	34			10		10
13	0,520731	13	2	36	2	1	1	-0,957	13		44	8		8		2	1	2	-0,783	25		42	58			54
14	0,055462	58	3	34	1	2	2	-0,148	19	0			0		0	2	2	1	-0,251	28		47		0	2	
15	0,172811	35	4	9	1	1	1	-0,094	19	0		0		0		1	1	2	1,804	43	0		0			0
16	0,612947	10	4	19	2	2	2	-0,661	15		0		0		0	1	2	1	1,22	39	37			0	0	
17	0,136367	40	4	59	1	1	1	1,231	29	0		0		0		2	1	2	1,464	40		0	0			0
18	0,728167	6	5	5	1	2	2	-1,117	12	23			0		0	2	2	1	0,724	35		28		11	11	
19	0,901234	2	5	7	2	1	2	0,551	24		0	21			10	2	1	1	0,397	33		72	16		22	
20	0,314596	23	5	30	2	2	1	0,743	25		1		0	0		1	2	2	-0,373	27	0			8		13
21	0,601616	10	5	40	2	1	2	-0,329	18		16	12			1	2	1	2	-0,379	27		62	31			36

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
22	0,401859	18	5	58	1	2	1	-1,264	11	0			0	0		1	2	1	-0,125	29	14			21	27	
23	0,464235	15	6	13	1	1	2	-2,092	5	0		0			0	2	1	2	-0,187	29		85	50			44
24	0,265801	27	6	40	1	2	1	-1,447	10	0			0	0		1	2	1	-1,746	18	2			9	15	
25	0,882635	2	6	42	2	1	2	0,018	20		0	0			0	2	1	1	0,766	35		70	35		21	
26	0,846437	3	6	45	2	2	1	-1,445	10		17		5	5		2	2	2	1,736	42		95		17		31
27	0,645953	9	6	54	1	1	1	0,002	20	0		8		6		1	1	1	-0,639	26	0		50		38	
28	0,643832	9	7	3	2	2	2	0,576	24		9		0		0	1	2	2	-1,423	20	4			32		46
29	0,353513	21	7	24	1	1	1	0,108	21	0		0		0		1	1	1	1,463	40	15		53		39	
30	0,409101	18	7	42	1	2	2	0,233	22	3			0		0	2	2	2	0,558	34		82		15		29
31	0,907543	2	7	44	2	1	1	-1,239	11		0	1		1		2	1	1	-1,657	18		128	82		68	
32	0,913957	2	7	46	2	2	1	-0,928	14		9		18	10		2	2	2	0,113	31		132		35		57
33	0,534417	13	7	59	1	1	2	-0,67	15	8		0			5	2	1	1	-0,108	29		150	82		63	
34	0,854956	3	8	2	2	2	1	0,643	25		7		16	8		2	2	2	0,228	32		167		41		63
35	0,482346	15	8	17	2	1	2	2,503	38		17	0			2	2	1	1	0,852	36		161	70		54	
36	0,982486	0	8	17	1	2	1	0,895	26	5			26	18		1	2	2	0,09	31	24			47		69
37	0,270184	26	8	43	2	1	2	-0,07	20		29	12			14	2	1	1	-0,043	30		177	86		70	
38	0,932091	1	8	44	1	2	1	0,891	26	4			25	17		2	2	2	-1,092	22		225		52		74
39	0,037996	65	9	49	2	1	2	1,17	28		0	0			0	2	1	1	1,287	39		184	54		40	
40	0,658434	8	9	57	2	2	1	0,13	21		20		0	0		2	2	2	1,125	38		202		31		45
41	0,811833	4	10	1	1	1	2	0,591	24	0		16			16	2	1	1	1,711	42		253	69		55	
42	0,10473	45	10	46	2	2	1	-0,487	17		0		0	0		2	2	2	-0,659	25		257		24		38
43	0,230883	29	11	15	1	1	2	-1,048	13	0		0			0	2	1	2	-0,213	29		257	64			38
44	0,184172	34	11	49	1	2	1	0,984	27	0			0	0		1	2	1	-0,291	28	0			0	2	
45	0,916571	2	11	51	1	1	2	1,217	29	25		0			0	2	1	2	0,665	35		209	41			15
46	0,032425	69	13	0	2	2	1	-1,008	13		0		0	0		1	2	1	1,194	38	0			0	0	
47	0,350771	21	13	21	1	1	2	-0,596	16	0		0			0	2	1	2	0,453	33		192	0			0
48	0,709105	7	13	28	2	2	1	-0,315	18		0		0	0		2	2	1	-0,241	28		216		5	5	
49	0,432566	17	13	45	1	1	2	-1,441	10	0		0			0	1	1	2	0,563	34	0		15			15
50	0,824567	4	13	49	1	2	1	-0,413	17	6			0	0		2	2	1	-1,516	19		218		13	13	
51	0,981183	0	13	49	1	1	2	-0,149	19	23		6			6	1	1	1	-1,272	21	0		30		24	
52	0,219395	30	14	19	1	2	1	0,526	24	12			0	0		2	2	2	-0,726	25		194		0		1
53	0,694603	7	14	26	2	1	2	-0,027	20		0	0			0	2	1	1	1,788	43		228	19		13	
54	0,813115	4	14	30	2	2	1	-0,154	19		16		13	13		2	2	2	-0,192	29		252		6		7
55	0,233427	29	14	59	1	1	2	2,537	38	0		0			0	1	1	2	0,602	34	0		11			1
56	0,099975	46	15	45	2	2	1	0,132	21		0		0	0		2	2	1	-0,76	25		220		0	0	
57	0,285123	25	16	10	2	1	2	0,265	22		0	0			0	2	1	2	-1,95	16		219	0			0
58	0,753362	6	16	16	2	2	1	-0,539	16		16		0	0		2	2	1	-0,273	28		219		0	0	

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
59	0,775486	5	16	21	2	1	2	-0,957	13		27	11			11	2	1	2	-0,414	27		234	3			3
60	0,221468	30	16	51	1	2	1	-0,654	15	0			0	0		2	2	1	-1,25	21		256		0	0	
61	0,641368	9	17	0	2	1	2	-0,337	18		1	0			0	1	1	2	-0,428	27	0		0			0
62	0,32359	23	17	23	2	2	1	-0,871	14		0		0	0		1	2	1	0,055	30	9			0	0	
63	0,584668	11	17	34	1	1	2	0,335	22	0		0			0	1	1	2	0,362	33	20		0			0
64	0,914883	2	17	36	2	2	1	1,076	28		1		1	1		2	2	1	-0,792	24		218		2	2	
65	0,619671	10	17	46	1	1	2	0,277	22	10		10			10	2	1	2	-0,759	25		229	11			11
66	0,352454	21	18	7	1	2	1	0,97	27	11			0	0		1	2	1	-1,373	20	4			0	0	
67	0,852937	3	18	10	2	1	2	1,61	31		0	8			8	2	1	2	-0,543	26		231	5			5
68	0,908242	2	18	12	1	2	1	-0,154	19	33			22	22		1	2	1	0,235	32	5			1	1	
69	0,999489	0	18	12	2	1	2	0,533	24		29	37			37	1	1	2	-0,052	30	36		7			7
70	0,415344	18	18	30	1	2	1	1,357	29	34			23	23		2	2	1	0,175	31		205		4	4	
71	0,319464	23	18	53	1	1	2	1,537	31	40		20			20	1	1	2	-1,071	23	7		6			6
72	0,987798	0	18	53	2	2	1	-1,201	12		12		29	29		2	2	1	0,032	30		252		23	23	
73	0,74484	6	18	59	2	1	1	-0,385	17		18	45		35		1	1	2	0,593	34	60		12			22
74	0,897346	2	19	1	2	2	2	-1,043	13		33		33		43	1	2	1	-0,837	24	81			40	30	
75	0,012846	87	20	28	2	1	1	0,155	21		0	0		0		1	1	2	-1,008	23	43		0			0
76	0,825353	4	20	32	1	2	2	0,802	26	0			0		0	2	2	1	0,334	32		181		0	0	
77	0,920583	2	20	34	2	1	1	-0,821	14		15	15		15		2	1	2	0,166	31		208	9			9
78	0,95393	1	20	35	1	2	2	1,339	29	23			23		23	2	2	1	-0,746	25		215		3	3	
79	0,235647	29	21	4	2	1	1	-0,162	19		0	0		0		1	1	2	1,13	38	32		20			20
80	0,828462	4	21	8	2	2	1	-2,238	4		15		19	15		1	2	1	-0,463	27	66			24	28	
81	0,950335	1	21	9	1	1	2	-1,367	10	18		14			18	2	1	2	1,062	37		230	48			44
82	0,130416	41	21	50	1	2	1	-0,903	14	0			0	0		1	2	1	0,446	33	56			18	18	
83	0,38025	19	22	9	1	1	2	-0,34	18	0		0			0	2	1	1	-1,241	21		217	31		28	
84	0,646062	9	22	18	2	2	1	0,205	21		0		0	0		2	2	2	0,64	34		226		16		19
85	0,496253	14	22	32	2	1	2	-1,342	11		7	0			0	1	1	1	-1,025	23	43		36		33	
86	0,747669	6	22	38	1	2	1	-0,792	14	0			1	1		2	2	2	1,847	43		247		36		39
Сумма										**296**	**468**	**246**	**267**	**229**	**237**						**685**	**8207**	**1188**	**588**	**836**	**915**

Таблица 2

Суммарное время ожидания при различных схемах выбора автомобилем пунктов обслуживания

Показатель	Случайный выбор автомобилем пункта обслуживания	Поочередный выбор автомобилем пункта обслуживания	Выбор пункта системой регулирования
Время ожидания автомобилем экспресс-анализа, мин	764	513	466
Время ожидания выгрузки, мин	8892	1776	1751
Суммарное время ожидания, мин	9656	2289	2217

Веремеєнко О.Г. Моделювання системи управління автомобільним транспортом при його прибуття на зерновий термінал.

Анотація. *У статті розглянута робота автомобільного транспорту на зерновому терміналі при впровадженні керуючої системи. Побудовано імітаційну модель роботи терміналу, яка наочно відображає економію часу від впровадження системи управління, в порівнянні з випадковим або почерговим вибором кожного пункту обслуговування. Управління полягає в усвідомленому виборі системою тієї секції, яка в даний момент вільна або за розрахунками звільнитися раніше інших.*

Ключові слова: *автомобільний транспорт, зерновий термінал, імітаційне моделювання, розподіл Пуассона.*

Veremeyenko E.G. Simulation of the control system by road when arriving at the grain terminal.

Annotation. *The article describes the work of road transport at the grain terminal in the implementation of the management system. It built a simulation model of the terminal, which clearly displays the time savings from the introduction of a control system, compared with random or alternate choice of each item of service. Management is the deliberate choice of the section of the system, which is currently vacant or estimated free earlier than others.*

Keywords: *road transport, grain terminal, simulation, Poisson distribution.*

Стаття надійшла до редакції 25.03.2015 р.

УДК 658.115.33

КОЛЕСНИКОВА Е.А.
Ростовский государственный строительный университет

ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОЕ ПАРТНЕРСТВО В ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ

В статье рассмотрены механизмы государственно-частного партнерства в транспортной инфраструктуре. Приведены статистические данные по количеству проектов, реализуемых на основе государственно-частного партнерства в России.
Ключевые слова: *транспортная инфраструктура, инвестиции в транспортную отрасль, государственно-частное партнерство в транспортной инфраструктуре.*

Постановка проблемы

Транспорт является одной из важнейших отраслей хозяйства, так как обеспечивает производственные связи промышленности и сельского хозяйства, осуществляет перевозки грузов и пассажиров и является основой географического разделения труда. Обмен и структура транспортных перевозок отражают уровень и структуру экономики, а география транспортной сети и грузопотоков – размещение производственных сил. В связи с этим развитие транспортной инфраструктуры является одним из приоритетных направлений политики любого государства [1].

На сегодняшний день нехватка инвестиционных ресурсов является общей проблемой для всех стран, в том числе и для России. Для повышения эффективности имеющихся инвестиций и привлечения дополнительных средств в транспортную отрасль необходимо масштабное развитие институтов государственно-частного партнерства (далее – ГЧП) [2], так как реализация всего комплекса задач по развитию транспортной инфраструктуры не может и не должна всецело лежать на плечах государства. Перспективным механизмом привлечения негосударственных средств является ГЧП, которое стало одним из главных инструментов государственной инвестиционной политики во всем мире. Практика свидетельствует о все более широком распространении различных моделей ГЧП в транспортных отраслях, особенно при строительстве автомобильных дорог, крупных тоннелей и мостов, обеспечивающих успешное выполнение программ развития транспортных комплексов под контролем государства [3].

Необходимо отметить, что привлечение частных средств потребует соразмерного увеличения и бюджетного финансирования, так как приход частного капитала в реализацию капиталоемких, с большим сроком окупаемости инфраструктурных проектов без этого вряд ли окажется возможным [4].

Цель статьи

Целью статьи является изучение механизмов (форм реализации) ГЧП, выявление наиболее перспективных направлений для применения ГЧП в транспортной структуре России, определение существующих проблем развития ГЧП в России.

Основной раздел

Государство не рассматривает бюджетные средства в качестве основного источника, планируя их использовать в качестве стимула и генератора притока частных инвестиций в транспортную отрасль, тем самым выступая гарантом надежности возврата финансовых вложений частного бизнеса. Так министр транспорта РФ Максим Соколов на Деловом завтраке с предста-

вителями строительных, производственных, транспортных и инвестиционных компаний Китая в Шанхае 18 июня 2014 г. заявил, что планируемый объем инвестиций в транспортную отрасль РФ до 2020 года оценивается на уровне 7 трлн. рублей (или $194 млрд.) за счет бюджета и 5,2 трлн. рублей (или $150 млрд.), привлеченных за счет различных механизмов ГЧП [2].

На 1 января 2015 г. в России, согласно данным Центра развития ГЧП, в транспортной сфере насчитывалось 64 проекта, реализуемых на основе ГЧП. Соотношение количества ГЧП-проектов по сферам реализации представлено на рис.1.

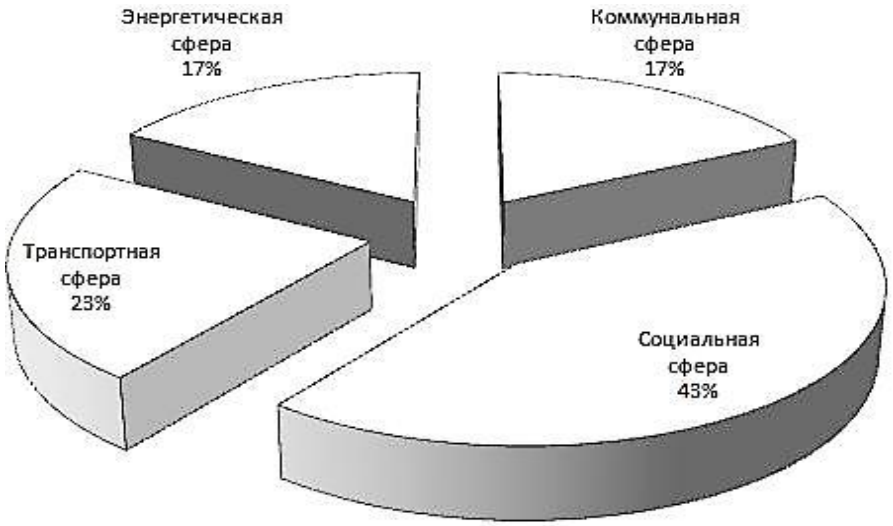


Рис.1. Соотношение количества ГЧП-проектов по сферам[1]

Как следует из рис. 1, на долю проектов транспортной сферы приходится 23% от общего количества реализованных ГЧП-проектов, что выводит транспорт на второе место после социальной сферы (43%). Данный факт свидетельствует о широком распространении механизма ГЧП при реализации инвестиционных транспортных проектов.

Анализ данных Центра развития ГЧП показал, что самыми распространенными формами реализации ГЧП являются: концессионное соглашение (концессия), региональный закон, государственные закупки с отсрочкой платежа и контракт жизненного цикла.

Концессии, включающие полный цикл работ (проектирование, строительство, содержание, ремонт, эксплуатация), – наиболее востребованный механизм сотрудничества с частными инвесторами (рис. 2). По этой схеме, в частности, уже строятся или запланировано строительство участков трассы М-11 Москва – Санкт-Петербург, ЦКАД в Подмосковье, трассы М-1 «Беларусь», а также создание системы взимания платы с грузовиков массой более 12 тонн.

Еще одна форма ГЧП – долгосрочные инвестиционные соглашения и их различные формы. Так, операторское соглашение на комплексное обустройство, содержание, ремонт, капитальный ремонт, эксплуатацию объектов применяется по участкам дороги М-4 «Дон»; арендное соглашение с инвестиционными обязательствами применяется для строительства перронов в существующих аэропортах.

В настоящий момент частные инвесторы вкладывают средства в сегменты транспортной инфраструктуры с наиболее высоким возвратом на вложенный капитал, главным образом, в портовые и аэропортовые терминалы (табл. 1). Однако в последнее время растет интерес и к дорожным концессиям в связи с привлекательной долгосрочной доходностью.

[1] Рассчитано автором по данным: Рейтинг регионов России по развитию по уровню развития ГЧП 2014-2015. – М.: Центр развития государственно-частного партнерства, 2015

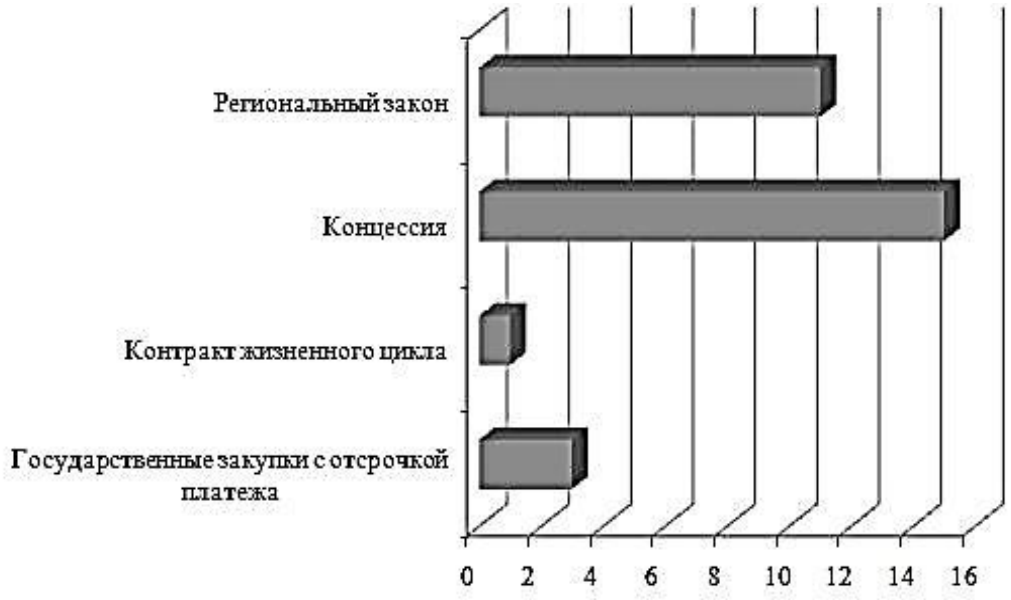


Рис. 2. Формы реализации ГЧП-проектов

Таблица 1

Степень привлекательности инфраструктурных объектов для инвесторов [7]

Сектор	Инвестиционная привлекательность	Комментарии
1	2	3
Портовая инфраструктура (контейнерные и зерновые терминалы)	Высокая	Наиболее привлекательными являются инвестиции в расширение портовой инфраструктуры, в частности строительство контейнерных и зерновых терминалов. Окупаемость таких проектов может составлять 5-7 лет при условии наличия подготовленной для строительства терминалов территории.
Пассажирские терминалы аэропортов	Высокая	Привлекательными являются пассажирские терминалы крупных аэропортов с пассажиропотоком не менее 1 млн. человек в год. По сути, они представляют собой объекты коммерческой недвижимости, где концентрируется большое количество людей с высоким уровнем дохода, что позволяет устанавливать высокую арендную плату. Кроме того, в России аэропорты имеют фактически монопольное положение в регионе.
Дорожные концессии	Средняя	Инвестиции в дорожную инфраструктуру через концессии считаются более рискованными, чем в портовые и аэропортовые терминалы. Они требуют более тесного взаимодействия с государством и более зависимы от изменений макроэкономической среды.
Портовые терминалы (сырьевые)	Средняя	Большинство сырьевых портовых терминалов в России принадлежат крупным сырьевым компаниям, которые стараются контролировать всю транспортную цепочку и свои транспортные расходы.
Железнодорожные концессии	Низкая	В России частные инвесторы пока напрямую в железнодорожную инфраструктуру не инвестируют, но в мировой практике привлекательность инвестиций в железнодорожные концессии относительно низка из-за слишком больших капиталовложений и длительного периода окупаемости.

Наиболее перспективными направлениями для применения ГЧП и замещения бюджетных средств в транспортной инфраструктуре являются: строительство и реконструкция сети региональных и муниципальных дорог, развитие федеральной дорожной сети на территории субъекта и «дорог к ресурсам» с использованием механизмов привлечения средств федерального бюджета, портовые комплексы и трубопроводы.

В России инвестиции в транспортную инфраструктуру за последние годы приблизились к отметке 4% ВВП, однако с учетом изменившейся макроэкономической среды на сегодняшний день наблюдается снижение доли инвестиций до 3% ВВП. Данная отметка близка к уровню инвестирования в странах с развитой инфраструктурой и достаточна для поступательного развития, но не для качественного рывка.

По мнению многих экспертов по вопросам развития ГЧП в России, причинами, сдерживающими развитие ГЧП в транспортной инфраструктуре, являются:

1. Отсутствие необходимого опыта и знаний в сфере ГЧП у государственных и муниципальных заказчиков, а также низкий уровень мотивации на местах со стороны государственных чиновников при реализации ГЧП-проектов. Именно недостаток знаний и компетенций является причиной недостаточного качества подготовки и выбора проектов, недостаточной прозрачности процесса принятия решений по реализации проектов и других проблем.

2. Отсутствие единых институтов развития ГЧП со стороны государства и бизнеса. Многие представители бизнеса и частных инвесторов среди проблем, препятствующих развитию ГЧП в России, отметили отсутствие единого специализированного ведомства, отвечающего за развитие ГЧП в России.

В 2009 году была создана первая и единственная в России негосударственная некоммерческая организация, образованная для стимулирования развития форм ГЧП в России, – НП «Центр развития ГЧП». При поддержке Центра развития ГЧП с целью повышения профессиональных компетенций в сфере ГЧП создан Институт государственно-частного партнерства – «ГЧП-Институт». Данные институты принимают активное участие в формировании среды для более широкого и эффективного развития форм ГЧП в России. Тем не менее, данные институты на сегодняшний момент еще не имеют достаточного влияния и авторитета в деле развития ГЧП в России, как, например, такие институты, как Partnerships UK и позже Infrastructure UK в Великобритании, National Council for Public-Private Partnerships (NCPPP) в США.

На сегодняшний день в структуре Министерства экономического развития РФ существует Департамент инвестиционной политики и развития частно-государственного партнерства, в ведении которого находятся задачи повышения инвестиционной привлекательности и развитие ГЧП в России. Несмотря на схожесть инвестиционной политики и политики в области развития ГЧП, для более эффективного управления процессом развития ГЧП необходимо создавать отдельную государственную структуру, без которой невозможен полноценный диалог между властью и бизнесом по вопросам развития ГЧП, о чем свидетельствует международный опыт ведущих стран мира.

3. Неготовность российского бизнеса участвовать в длительных проектах. Многие бизнесмены сомневаются в сохранении стабильности в краткосрочной перспективе, и говорить о десятках лет не приходится – а ведь на такой период обычно рассчитаны проекты ГЧП. К тому же бизнес в России пока более заинтересован в решении своих частных проблем.

Вывод

ГЧП является одним из эффективных способов развития и поддержания транспортной инфраструктуры. Россия обладает немалым потенциалом для реализации инфраструктурных проектов с привлечением российского и международного капитала в транспортной сфере, и, хотя

официальной статистики пока нет, можно сказать, что в России уже успешно реализованы порядка 70-80 ГЧП-проектов.

При том, что интерес к ГЧП растет и со стороны государства, и со стороны бизнеса, реальные масштабы его использования далеки от потенциально возможных. Основными препятствиями являются низкий уровень квалификации и компетенции государственных чиновников и представителей бизнеса, отсутствие единого института ГЧП для государства и бизнеса, недостаточное обеспечение защиты экономических интересов частных инвесторов при реализации проектов ГЧП.

Список литературы

1. Транспорт в мировом хозяйстве [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.grandars.ru/shkola/geografiya/transport-v-ekonomike.html

2. Инвестиции в транспортную отрасль РФ до 2020 года превысят 12 трлн. рублей – М. Соколов, 2014г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://dorinfo.ru

3. Максимов В.В. Государственно-частное партнерство в транспортной инфраструктуре: критерии оценки концессионных конкурсов. – М.: Альпина Паблишерз, 2010. – 178 с.

4. Зырянов В.В., Криволапова О.Ю. Моделирование и анализ спроса на объекты совершенствования транспортной сети [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1082.

5. Sokolov S.L. Analysis of trends and common factors of the state-private partnership in the Russian Federation // Вопросы управления, март 2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://vestnik.uapa.ru.

6. Гагарин П.А. Государственно-частное партнерство: проблемы и перспективы развития // Финансовая газета. – 2013. – № 14.

7. Ганелин М., Васин С. Инфраструктура России. Большому кораблю — большое плавание [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gazprombank.ru.

Колесникова О.А. Державно-приватне партнерство в транспортній інфраструктурі

Анотація. *У статті розглянуто механізми державно-приватного партнерства в транспортній інфраструктурі. Наведено статистичні дані щодо кількості проектів, які реалізуються на основі державно-приватного партнерства в Росії.*

Ключові слова: *транспортна інфраструктура, інвестиції в транспортну галузь, державно-приватне партнерство у транспортній інфраструктурі.*

Kolesnikova E.A. Public-private partnership in transport infrastructure

Annotation. *The article describes the mechanisms of public-private partnerships in the transport infrastructure. The statistical data on the number of projects implemented through public-private partnership in Russia.*

Keywords*: transport infrastructure, investment in the transport sector, public-private partnerships in the transport infrastructure.*

Стаття надійшла до редакції 12.04.2015 р.

УДК 519.17

ШУРКО Г.К., к. ф.-м. н, доцент,
ШУРКО И.Л., к. ф.-м. н, доцент,
Донецкий национальный университет

ВЕРОЯТНОСТНАЯ МОДЕЛЬ БЕЗОТКАЗНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Построена вероятностная модель безотказной работы технической системы. Вычислена в общем виде вероятность безотказной работы.
***Ключевые слов**а: техническая система, вероятностная модель, вероятность безотказной работы*

Анализ проблемы

Построение вероятностной модели технической системы (далее ТС), имеющей сложную иерархическую структуру (а одной из основных задач, решаемых в рамках такой модели, является оценка вероятности безотказной работы системы), как правило, происходит через моделирование безотказной работы подсистем, входящих в исходную систему, а затем компонирования построенных моделей в одну модель. Но возникают ситуации, когда ТС рассматривается как аналог своеобразного черного ящика и доступной является информация о результате мониторинга во времени, касающаяся входных и выходных параметров.

Анализ последних исследований и публикаций

Вопросам оценки вероятности безотказной работы технических систем посвящено много работ, ставших классическими в теории надежности [1]. Построение вероятностных моделей основывается на методах теории вероятностей [3], математической статистики [2], теории случайных процессов [4].

Во многих работах учитывается структура системы, внутренняя иерархия подсистем, образующих систему.

Выполненные исследования позволили получить оценку вероятности безотказной работы технической системы без учета анализа структуры системы и ее внутренней иерархии.

Цель работы

Получить оценку вероятности безотказной работы технической системы без учета анализа структуры системы и ее внутренней иерархии, основываясь лишь на информации о результатах наблюдений над входящими и выходящими параметрами, которые интерпретируются как случайные процессы**.**

Основной раздел

Пусть имеется некоторая техническая система, кибернетическая схема которой представлена на рисунке 1.

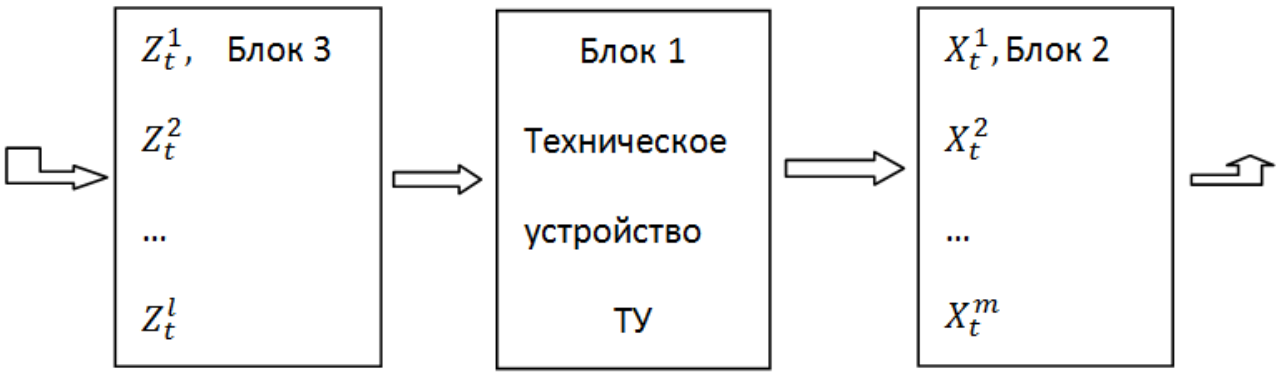


Рис.1. Кибернетическая схема технической системы

Кибернетическая схема содержит 3 блока:
блок 1 представляет собой саму техническую систему (ТС) – своеобразный «черный ящик»;
блок 2 представляет собой блок, содержащий информацию о выходящих параметрах:

$$X_t^i,\ i = \overline{1,m}\ ; \tag{1}$$

блок 3 представляет собой блок, содержащий информацию о входящих параметрах, осуществляющих управляющее воздействие:

$$Z_t^j, j = \overline{1,l}\ . \tag{2}$$

Предположим, что выполнены следующие условия:
1. Известны границы изменения значений параметров X_t^i, Z_t^i:

$$a_i \le X_t^i \le b_i \quad i = \overline{1,m} \tag{3}$$

$$c_j \le Z_t^j \le d_j, \quad j = \overline{1,l} \tag{4}$$

2. Параметры $X_t^i, i = \overline{1,m}, Z_t^j, j = \overline{1,l}$, в силу очевидных причин, можно считать подверженными случайным возмущениям, т.е., с учетом зависимости их от времени, считать случайными процессами.

Предположим, что регистрация значений случайных параметров $X_t^i i = \overline{1,m}, Z_t^j\ j = \overline{1,l}$ производилась в моменты времени $t_1, t_2, \dots, t_n$, а сами численные значения представлены в виде таблицы 1:

Таблица 1

Наблюдаемые значения случайных параметров $X_t^i i = \overline{1,m}, Z_t^j\ j = \overline{1,l}$ в моменты времени $t_1, t_2, \dots, t_n$

	X_t^1	X_t^2	…	X_t^m	Z_t^1	Z_t^2	…	Z_t^l
t_1	X_1^1	X_1^2	…	X_1^m	Z_1^1	Z_1^2	…	Z_1^l
t_2	X_2^1	X_2^2	…	X_2^m	Z_2^1	Z_2^2	…	Z_2^l
…	…	…	…	…	…	…	…	…
t_n	X_n^1	X_n^2	…	X_n^m	Z_n^1	Z_n^2	…	Z_n^l

Здесь X_k^i и Z_k^j – наблюдаемые значения параметров, $k = \overline{1,n}$.

Учитывая, что разные параметры X_t^i и Z_t^j могут иметь разные физические размерности, приведем их к безразмерным величинам.

В качестве таких безразмерных параметров Y_t^i и U_t^j можно взять отношение указанных случайных параметров к своим среднеквадратическим отклонениям, которые, как известно, представляют собой корень квадратный из дисперсии, рассчитанной на основании информации о вероятностных законах распределения случайных процессов X_t^i и Z_t^j.

В случае, когда законы распределения не известны, в качестве среднеквадратических отклонений можно использовать их статистические оценки, полученные на основании наблюдений над значениями случайных процессов в фиксированные моменты времени.

Для приведения все показателей X_t^i и Z_t^j к безразмерным величинам поступим следующим образом:

1. Вычислим выборочные средние значения наблюдаемых значений параметров X_t^i и Z_t^i и выборочные средние значения их квадратов по формулам:

$$\overline{X^i} = \frac{1}{n}\sum_1^n X_k^i \tag{5}$$

$$\overline{(X^i)^2} = \frac{1}{n}\sum_1^n \left(X_k^i\right)^2, i = \overline{1,m} \tag{6}$$

$$\overline{Z^j} = \frac{1}{n}\sum_1^n Z_k^j \tag{7}$$

$$\overline{(Z^j)^2} = \frac{1}{n}\sum_1^n \left(Z_k^j\right)^2, j = \overline{1,l} \tag{8}$$

2. Вычислим выборочные средние квадратические отклонения наблюдаемых значений параметров X_t^i и Z_t^j от их выборочных средних значений:

$$\sigma_X^i = \sqrt{\overline{(X^i)^2} - (\overline{X^i})^2} \tag{9}$$

$$\sigma_Z^j = \sqrt{\overline{(Z^j)^2} - (\overline{Z^j})^2} \tag{10}$$

Приведем параметры X_t^i к безразмерным величинам по формуле:

$$Y_t^i = \frac{X_t^i}{\sigma_X^i}, i = \overline{1,m}, \tag{11}$$

а параметры Z_t^j к безразмерным величинам по формуле:

$$U_t^j = \frac{Z_t^j}{\sigma_Z^j}, j = \overline{1,l} \tag{12}$$

Заметим, что после приведения параметров X_t^i и Z_t^j к безразмерным величинам по формулам (9) и (10), таблица 1 преобразуется к виду:

Таблица 2

	Y_t^1	Y_t^2	…	Y_t^m	U_t^1	U_t^2	…	U_t^l
t_1	Y_1^1	Y_1^2	…	Y_1^m	U_1^1	U_1^2	…	U_1^l
t_2	Y_2^1	Y_2^2	…	Y_2^m	U_2^1	U_2^2	…	U_2^l
…	…	…	…	…	…	…	…	…
t_n	Y_n^1	Y_n^2	…	Y_n^m	U_n^1	U_n^2	…	U_n^l

Здесь Y_t^i и U_t^j – значения безразмерных параметров, вычисленные на основании формул (11) и (12) по наблюденным значениям параметров X_k^i и Z_k^j, $k = \overline{1,n}$.

Очевидно, что между случайными параметрами X_t^i, $i = \overline{1,m}$ и Z_t^j, $j = \overline{1,l}$ и безразмерными параметрами Y_t^i, $i = \overline{1,m}$ и U_t^j, $j = \overline{1,l}$ соответственно существует взаимно-однозначное соответствие.

Безразмерные параметры Y_t^i, U_t^j будем рассматривать как координаты некоторой точки ξ_t в $m+l$ - мерном евклидовом пространстве, т.е.

$$\xi_t = \left(Y_t^1, Y_t^2, \dots, Y_t^m, U_t^1, U_t^2, \dots, U_t^l\right) \tag{13}$$

при этом область изменений значений параметров Y_t^i, будет иметь вид:

$$\frac{a_i}{\sigma_x^i} \le Y_t^i \le \frac{b_i}{\sigma_x^i},\ i = \overline{1,m} \tag{14}$$

$$\frac{c_j}{\sigma_z^j} \le U_t^j \le \frac{d_j}{\sigma_z^j},\ j = \overline{1,l} \tag{15}$$

или, полагая:

$$A_i = \frac{a_i}{\sigma_x^i},\ B_i = \frac{b_i}{\sigma_x^i},\ i = \overline{1,m} \tag{16}$$

$$C_j = \frac{c_j}{\sigma_z^j},\ D_j = \frac{d_j}{\sigma_z^j},\ j = \overline{1,l} \tag{17}$$

окончательно получим:

$$A_i \le Y_t^i \le B_i,\ i = \overline{1,m_i} \tag{18}$$

$$C_j \le U_t^j \le D_j,\ j = \overline{1,l} \tag{19}$$

Выделим в области изменения значений каждого параметра Y_t^i и U_t^j интервалы значений $[A_i^1, B_i^1]$, $[C_i^1, D_i^1]$, соответствующих безотказной работе ТС. Очевидно, что интервал $[A_i^1, B_i^1]$ включен в интервал $[A_i, B_i]$, $i = \overline{1,m}$, а интервал $[C_i^1, D_i^1]$ включен в интервал $[C_j, D_j]$, $j = \overline{1,l}$.

Обозначим через G область в $m+l$ - мерном евклидовом пространстве, состоящую из точек

$$\xi_t = \left(Y_t^1, Y_t^2, \dots, Y_t^m, U_t^1, U_t^2, \dots, U_t^l\right), \tag{20}$$

координаты которых представляют собой значения безразмерных случайных параметров, удовлетворяющих ограничениям (18) и (19). Область G представляет собой $m+l$ - мерный параллелепипед.

Обозначим через G_1 область в $m+l$ - мерном евклидовом пространстве, состоящую из точек

$$\eta_t = \left(Y_t^1, Y_t^2, \dots, Y_t^m, U_t^1, U_t^2, \dots, U_t^l\right), \tag{21}$$

координаты которых представляют собой значения безразмерных случайных параметров, удовлетворяющих ограничениям:

$$A_i^1 \le Y_t^i \le B_i^1, i = \overline{1, m_i} \tag{22}$$

$$C_j^1 \le U_t^j \le D_j^1, j = \overline{1, l} \tag{23}$$

Область G_1 представляет собой также $m+l$ - мерный параллелепипед. При этом между параллелепипедами G и G_1 выполняется соотношение:

$$G \subseteq G_1$$

Оценим теперь вероятность того, что ТС в определенный момент времени t будет находиться в режиме безотказной работы, т.е., иными словами, нам нужно оценить вероятность попадания точки

$$\xi_t = \left(Y_t^1, Y_t^2, \dots, Y_t^m, U_t^1, U_t^2, \dots, U_t^l\right)$$

в параллелепипед G_1:

$$P\{\xi_t \in G_1\}$$

Воспользовавшись понятием геометрической вероятности [3], получим:

$$P\{\xi_t \in G_1\} = \frac{mes(G_1)}{mes(G)}, \tag{24}$$

где $mes(G)$ $(mes(G_1))$ – мера области G (G_1). В нашем случае $mes(G)$ и $mes(G_1)$ представляют собой «объемы» $m+l$ - мерных параллелепипедов G и G_1:

$$mes(G) = \left(\prod_1^m (B_i - A_i)\right) \times \left(\prod_1^l (D_j - C_j)\right) \tag{25}$$

$$mes(G_1) = \left(\prod_1^m (B_i^1 - A_i^1)\right) \times \left(\prod_1^l (D_j^1 - C_j^1)\right) \tag{26}$$

Заметим, что формулы (25) и (26) представляют собой $m+l$ - мерные аналоги формулы объема прямоугольного параллелепипеда.

Из формул (24)-(26) вытекает, что

$$P\{\xi_t \in G_1\} = \frac{\left(\prod_1^m (B_i^1 - A_i^1)\right) \times \left(\prod_1^l (D_j^1 - C_j^1)\right)}{\left(\prod_1^m (B_i - A_i)\right) \times \left(\prod_1^l (D_j - C_j)\right)} \tag{27}$$

Выводы

Полученная формула (27) позволяет вычислить вероятность бесперебойной работы ТС в некоторый момент времени t. Заметим, что найденная вероятность не зависит от временного параметра t. Отметим также, что границы интервалов $[A_i, B_i]$, $[A_i^1, B_i^1]$, $[C_j, D_j]$, $[C_i^1, D_i^1]$ можно определить экспериментальным образом, т.е. оценить с помощью статистических методов.

Список литературы

1. Капур К. Надежность и проектирование систем / К. Капур, Л. Ламберсон // Надежность и проектирование систем. – М.: «Мир», 1980. – 605 с.

2. Джонсон. Н. Статистика и обработка эксперимента в технике и науке. Методы обработки данных / Н. Джонсон, Ф. Лион // Статистика и обработка эксперимента в технике и науке. Методы обработки данных. – М.: «Мир», 1980. – 512 с.

3. Гихман И.И. Теория вероятностей и математическая статистика / Гихман И.И., Скороход А.В., Ядренко М.И. // Теория вероятностей и математическая статистика. – К.: «Вища школа», 1979. – 408 с.

4. Гихман И.И. Теория случайных процессов / Гихман И.И., Скороход А.В., // Теория случайных процессов. – М.: «Наука», Т.1. 1971. – 664 с.

Шурко Г.К., Шурко І.Л. Ймовірнісна модель безвідмовної роботи технічної системи

Анотація. *Побудовано ймовірнісну модель безвідмовного функціонування технічної системи. Наведено формулу для обчислення ймовірності того, що технічна система в певний момент часу буде перебувати в режимі безвідмовної роботи.*

Ключові слова: *технічна система, ймовірнісна модель, ймовірність безвідмовної роботи*

Shurko G.K., Shurko I.L. Probability model technical system uptime

Abstract. *Built probabilistic model of trouble-free operation of technical systems. The formula to calculate the probability that the technical system at a time will be in the mode uptime.*

Keywords: *technical system, probability model, the probability uptime*

Стаття надійшла до редакції 17.02.2015 р.

УДК 351.811.123

ГРАБЕЛЬНИКОВ В.А., к.ю.н., доцент;
ТОДОРОВ М.А.
Донецька академія автомобільного транспорту

АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОБЛЕМИ ЧИННИКІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА РИЗИК СКОЄННЯ ДТП

У статті представлені існуючі методи аналізу аварійності ДТП та виявлено чинники, які впливають на скоєння ДТП. Також зазначені основні причини ДТП та шляхи вирішення цієї проблеми, представлено дослідження проблем безпеки дорожнього руху, системи аналізу ДТП, їхнього статичного обліку та напрямки удосконалення управління дорожнім рухом.
Ключові слова: *дорожньо-транспортні події, організація дорожнього руху, аналіз аварійності, дорожній рух.*

Постановка проблеми

Дорожньо-транспортні системи сучасних міст належать до складних просторових систем, які постійно змінюються та інтенсивно розвиваються як структурно, так і за технічним оснащенням засобів організації дорожнього руху. Однією з головних серед проблем ефективної організації дорожнього руху є задача виявлення аварійно-небезпечних ділянок та місць концентрації дорожньо-транспортних подій (ДТП) на вулично-дорожній мережі з метою зниження аварійності на транспорті. Ця задача характеризується великими обсягом інформації, просторовою локалізацією об`єктів і подій у дорожньому русі, динамічністю зміни ситуації та складноформалізованістю правил прийняття рішень. Такі особливості проблеми організації дорожнього руху обумовлюють постійну актуальність вдосконалення засобів аналізу та прийняття рішень на основі широкого застосування комп`ютерних технологій на всіх етапах управління організацією дорожнього руху.

Аналіз досліджень і публікацій

Досліджуючи дану проблему, вчені визнають, що необхідно чітко визначати діяльність компетентних органів щодо порядку визначення ділянок і місць концентрації ДТП, виявляти чинників, які впливають на ризик скоєння ДТП, оперативно приймати управлінські рішення щодо вдосконалення організації дорожнього руху, проводити картографування ДТП з використанням мобільних систем на основі фотограмметричних методів та GPS-вимірювань, розробляти формальні моделі об`єктів та процесів геоінформаційного картографування.

Питаннями дослідження проблем, що впливають на ризик скоєння ДТП, у своїх роботах Г.А. Волошина, С.О. Шевцова, К.О. Дубонос, Д.С. Линєвського, В.І. Коноплянко [1-4] та ін.

Мета статті

Метою статті є розробка методичних основ і практичних технологій забезпечення автоматизованої системи реєстрації, картографування та аналізу ДТП на основі застосування сучасних геоінформаційних технологій та експертних систем. Відповідно до поставленої мети визначені такі задачі дослідження: системний аналіз процесу реєстрації дорожньо-транспортних подій та його взаємодії з інтегрованою системою прийняття рішень щодо організації дорожнього руху; розробка моделей геопросторових даних для комп'ютерних технологій реєстрації та аналізу ДТП; дослідження ефективності методів та технологій проведення робіт під час реєстрації ДТП; розробка експертної інформаційної системи реєстрації та аналізу.

Основний розділ

Як відомо, організація дорожнього руху на рівні інженерних служб – це комплекс інженерних та організаційних заходів на існуючій вулично-дорожній мережі, які забезпечують безпеку і задовільні режими руху транспорту і пішоходів. У загальному випадку можна дати наступне визначення терміну дорожній рух.

Дорожній рух – сукупність суспільних відносин, що виникають у процесі переміщення людей і вантажів за допомогою транспортних засобів або без таких у межах доріг. У підручнику [4] сформульовано термін "дорожній рух", який звучить так: "дорожній рух – складна динамічна система, що представляє собою сукупність рухомих і нерухомих пішоходів і різних типів механічних і немеханічних транспортних засобів, керованих людьми". Термін "дорожній рух" (Road Traffic) вперше був широко введений у міжнародну практику Конвенцією про дорожній рух, прийнятою в рамках ООН у 1949 році.

Під організацією дорожнього руху розуміють весь комплекс діяльності, спрямованої на забезпечення оптимальної швидкості та безпеки дорожнього руху [4]. Під організацією дорожнього руху, у більш вузькому сенсі, на рівні інженерних служб дорожнього руху, слід розуміти комплекс інженерних та організаційних заходів на існуючій вулично-дорожній мережі, які забезпечують безпеку і достатню швидкість руху транспортних і пішохідних потоків. Інтенсивність руху – це кількість транспортних засобів, що проходять через перехрестя дороги за одиницю часу. За розрахунковий період часу для визначення інтенсивності руху беруть рік, місяць, добу, годину і більш короткі відрізки часу (хвилини, секунди) залежно від поставленого завдання спостереження.

Безпека дорожнього руху – одна з найактуальніших проблем нашого часу. Кожен з нас щодня стає учасником дорожнього руху – як водій, пасажир чи пішохід. Тому всі зобов’язані дотримуватися правил дорожнього руху. І цей обов’язок – не рутинна вимога органів правопорядку, а запорука збереження людського життя. Неприпустимо, коли через недисциплінованість, неорганізованість, необачність, а інколи просто через безглуздість у дорожньо-транспортних подіях обривається людське життя. Проблема ДТП за участю пішоходів особливо гостро стоїть у темну пору доби і в період сутінок, коли різко знижується видимість пішоходів на дорозі. Багато пішоходів не знають правил дорожнього руху, погано орієнтуються в русі транспортних потоків, нехтують правилами особистої безпеки. Загибель та каліцтво дітей на автошляхах області залишається однією з найболючіших тем сьогодення. Численні профілактичні заходи не приносять бажаного результату: дітям важко усвідомлювати й засвоювати таку потрібну, але, можливо, занадто серйозну інформацію. Недбалість дорослих також є причиною травмування та загибелі дітей у ДТП. Однією з причин дорожньо-транспортного травматизму є низька дисципліна учасників дорожнього руху, насамперед водіїв та пішоходів, відсутність елементарного взаєморозуміння між ними. Якби кожна людина замислилась над цінністю свого життя, життя своїх близьких, змінила своє ставлення до правил поведінки на дорозі та неухильно їх дотримувалась, тоді можна було б розраховувати на позитивний результат.

Основні цілі аналізу ДТП зводяться, по-перше, до систематичного пошуку можливостей попередження подій, і, по-друге, до виявлення провини, визначення міри покарання причетних до аварії осіб [1].

Розрізняють такі види аналізу:

– аналіз одиничних ДТП (або детермінований, причинно-наслідковий, юридичний аналіз, експертиза ДТП);

– аналіз аварійності як масового явища (або параметричний, імовірнісний, статистичний аналіз).

Перший заснований на детальному дослідженні причин конкретного ДТП та його наслідків, другий – на використані зареєстрованих даних про ДТП та інших статистичних даних про водіїв, транспортні засоби та ін.

Загальна схема причинно-наслідкового підходу до аналізу ДТП – це побудова моделі механізму скоєння ДТП. Аналіз цієї моделі дозволяє виявити можливості попередження подій і реалізувати тим самим першу з названих цілей аналізу ДТП.

Для аналізу одиничних ДТП з метою встановлення зв'язку між фактом ДТП і порушеннями норм і правил, що регламентують БД (юридичний аналіз, експертиза ДТП), можливості використання імовірнісних оцінок причинних зв'язків обмежені, оскільки висновки аналізу, які є підставою для притягнення до кримінальної відповідальності, повинні відповідати жорстким вимогам високого ступеня достовірності. Аналізуючи відомості про велику кількість подій, можна виявити тенденції зміни показників, що характеризують аварійність, фактори сполучення, більший ризик виникнення ДТП, і те на чому повинні бути сконцентровані зусилля щодо їх попередження. До того ж, вихідні дані не претендують на відображення причинно-наслідкових зв'язків, а тільки на констатацію фактів. Однак на основі зіставлення різних показників можна отримати важливі оцінки, тобто, не проникаючи в механізм скоєння ДТП, встановити, які фактори, які умови підвищують ймовірність ДТП і наскільки. Отримані висновки можуть бути використані і стосовно окремих ДТП при обґрунтуванні заходів щодо їхнього попередження.

Як основний метод аналізу аварійності застосовується метод зіставлення, для використання якого треба чітко уявляти, які об'єкти, процеси, чинники необхідно зіставляти між собою, з якими характеристикам, властивостями, показниками повинно проводитися зіставлення, яка конкретна розрахункова процедура повинна бути покладена в основу зіставлення.

Об'єктами зіставлення є:

– вирішення завдання державного управління регіональним розвитком у сфері БДР ;

– вирішення завдання з попередження ДТП у транспортному комплексі;

– вирішення завдання вдосконалення дорожніх умов дороги різного значення і категорій, зони обслуговування дорожніх та комунальних організацій, конкретні дороги, ділянки доріг, перехрестя та інші аварійні місця концентрації ДТП;

– вирішення задачі підвищення активної і пасивної безпеки транспортних засобів –категорії і транспортних коштів, характеристики їхньої вантажопідйомності, місткості, особливості експлуатації та ін.

Також існує проблема з найбільш аварійними точками, так званими місцями концентрації дорожньо-транспортних подій. До місць концентрації ДТП необхідно відносити окремі ділянки автомобільних доріг, що мають специфічні умови руху і заздалегідь відомі як аварійно-небезпечні.

Матеріалами, що використовуються для визначення ділянки і місця концентрації ДТП, є лінійний аналіз аварійності, який повинен здійснюватись у встановленому порядку, дані державного і відомчого обліку ДТП, паспорт автомобільної дороги та проект (схема) організації дорожнього руху, виконані відповідно до чинних нормативних документів.

На основі лінійного аналізу аварійності, за даними відомостей лінійного розподілу ДТП та обстеження місць і ділянок концентрації ДТП, власники доріг складають "Картки ділянок (місць) концентрації ДТП". Усі ДТП, які включаються до такої картки, повинні бути з пометровою фіксацією місця скоєння (км, плюс м).

Дорожні підприємства повинні щомісячно проводити лінійний аналіз аварійності на дорогах, які ними обслуговуються.

Дорожні підприємства повинні здійснювати відомчий облік усіх ДТП, скоєних на підпорядкованих їм дорогах (у районних та лінійних дорожньо-експлуатаційних підприємствах з відповідним аналізом аварійності на обласному рівні).

Для визначення ділянок і місць концентрації ДТП необхідно враховувати всі події, відомості про які занесені до карток обліку ДТП, що знаходяться в органах Державтоінспекції.

Оцінка кожної нової ділянки чи місця концентрації ДТП за ступенем небезпеки повинна здійснюватись один раз на рік шляхом визначення Кпр за даними аварійності протягом трьох попередніх років перед призначенням заходів з підвищення безпеки руху.

Для визначення заходів з підвищення безпеки руху на ділянках (місцях) концентрації ДТП слід ретельно обстежити дорожні умови на суміжних з ними ділянках по 300 м в обох напрямках руху; за умови складних ділянок пересіченої місцевості – додатково по 500 м в обох напрямках руху для виявлення впливу дорожніх умов на суміжних ділянках на аварійність виявленої ділянки (місця) концентрації ДТП.

На сьогодні наявні можливості складових впливу на стан безпеки дорожнього руху не задовольняють потреб розвитку сфери оскільки:

– система державного регулювання вказаної сфери функціонує на засадах локального розподілу напрямків відповідальності;

– ступінь розвитку вулично-дорожньої мережі та її стан не відповідають рівню інтенсивності транспортного руху та вимогам, що висуваються економічними потребами;

– низьким залишається рівень упровадження в практичне застосування новітніх технологій і технічних засобів організації дорожнього руху та здійснення нагляду за дотриманням учасниками дорожнього руху правил та вимог безпеки;

– історично та економічно обумовлений технічний стан автомобільного парку відзначається великою кількістю старих транспортних засобів, технічний стан яких представляє об’єктивну загрозу безпеці руху, та відсутністю ефективної системи контролю технічного стану колісних транспортних засобів;

– не відповідає завданням сучасна система нагляду за дотриманням норм і стандартів у сфері безпеки дорожнього руху, яка функціонує в умовах організаційної неузгодженості та базується на засадах мінімально достатніх нормативно-правових вимог [3].

Висновки

У статті вирішене наукове завдання з удосконалення методів аналізу аварійності в місцях концентрації дорожньо-транспортних пригод:

1. Визначена актуальність проблеми чинників ДТП, що впливають на ризик виникнення ДТП, указані показники аварійності.

2. Представлено існуючі методи аналізу аварійності ДТП та виявлено чинники, які впливають на ризик виникнення ДТП. Також зазначені основні причини ДТП та шляхи вирішення цієї проблеми, представлено дослідження проблем безпеки дорожнього руху, системи аналізу ДТП та їхнього статичного обліку, напрямки удосконалення управління дорожнім рухом.

3. Розроблено формальні моделі об`єктів та процесів геоінформаційного картографування.

4. Розроблено та реалізовано геоінформаційну технологію, яка дозволяє:

– проводити картографування ДТП з використанням мобільних систем на основі фотограмметричних методів та GPS-вимірювань.

Список літератури

1. Волошин Г.А. Аналіз дорожньо-транспортних пригод / О. Г. Волошин, В. П. Мартинов, А. Г. Романов.- М.: Транспорт, 1987;

2. Дорожньо-транспортні пригоди. Критерії оцінки дій водія / С.О. Шевцов, К.В. Дубонос. - Х.: Факт, 2004;

3. Льневский Д.С. Психология безопасного вождения автомобиля. – О.: «А.С.К.», 2001;

4. Організація та безпека дорожнього руху: підручник для вузів / під ред. Коноплянко В.І. .- М.; Транспорт, 1991;

Грабельников В.А., Федоров М.А. Актуальность проблемы факторов, влияющих на риск совершения ДТП

Аннотация. *В статье представлены существующие методы анализа аварийности ДТП и выявлены факторы, которые влияют на совершение ДТП. Также указаны основные причины ДТП и пути решения этой проблемы, представлены исследования проблем безопасности дорожного движения, системы анализа ДТП, их статического учета и направления совершенствования управления дорожным движением.*

Ключевые слова: *дорожно-транспортные происшествия, организация дорожного движения, анализ аварийности, дорожное движение.*

Grabelnikov V.A., Todorov N.A. The urgency of the problem of factors influencing the risk of accident

Abstract. *The article presents existing methods of analysis of accidents the accident and the factors that influence the Commission of an accident, also, identifies the main causes of accidents and the solution of this problem, the study of the problems of road safety, accident analysis, statistical accounting and areas for improvement of traffic management.*

Keywords: *traffic accidents, traffic management, accident analysis, traffic.*

Стаття надійшла до редакції 17.03.2015 р.

УДК 546.226'221

АЛЕКСАНДРОВ В.Д., д.х.н., профессор; СОБОЛЬ О.В., к.х.н., доцент;
СОБОЛЕВ А.Ю., ст. преподаватель; МАРЧЕНКОВА Ю.А.
Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ КРИСТАЛЛОГИДРАТОВ СОЛЕЙ НАТРИЯ В ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ

Аннотация. *Сделан обзор современных теплоаккумулирующих материалов (ТАМ), используемых в двигателях и кабинах транспорта, проанализированы их характеристики, достоинства и недостатки. На основании проведенных исследований даны рекомендации по использованию кристаллогидратов солей натрия, их водных растворов и смесей кристаллогидратов для построения аккумуляторов тепла и холода для транспорта.*
Ключевые слова: *транспорт, двигатель, кабина, теплоаккумулирующий материал, кристаллогидрат, плавление, кристаллизация, переохлаждение, эвтектика, фазовый переход, энтальпия плавления, энтальпия кристаллизации, карбонат натрия декагидрат, ацетат натрия тригидрат, сульфат натрия декагидрат, тиосульфат натрия пентагидрат.*

Постановка проблемы

В процессе эксплуатации транспортных средств при повышенных и пониженных температурах возникает необходимость использовать материалы, способные аккумулировать тепло и холод на продолжительное (до нескольких часов) время. Для обогрева кабины (салона) транспортного средства возможно использовать штатные средства прогрева, но для запуска двигателя (в особенности дизельного) после выдержки нескольких часов при низкой температуре потребуется значительное время, и без подогрева запуск даже не всегда возможен. Также при работе машины в южных широтах или в летнее время в условиях высоких температур возникает значительный дискомфорт и угроза здоровью водителя. Грузовые автомобили и спецтехника отечественного производства не комплектуются кондиционерами. Возникает необходимость в комплектации хотя бы пассивными устройствами, способными аккумулировать излишки тепла, поддерживая температуру в салоне на уровне комфорта максимально долго. С этими задачами довольно успешно позволяют справиться аккумуляторы тепла и холода на основе кристаллогидратов.

Обзорные работы [1-3] обосновали критерии выбора и направления поиска наиболее перспективных ТАМ, среди которых особое место занимают кристаллогидраты различных водносолевых систем. Вместе с тем, анализ литературы [1-13]свидетельствует о том, что выбор тех или иных материалов для аккумулирования тепла осуществляется скорее методом проб и ошибок, а не в результате систематических целенаправленных исследований. Нет единого алгоритма для достаточно надежного прогнозирования перспективности применения того или иного состава в качестве ТАМ. Отсутствуют надежные экспериментальные данные по теплотам плавления, предкристаллизационным переохлаждениям, устойчивости теплофизических свойств при многократно чередующихся процессах типа «плавление ↔кристаллизация».

Цель статьи

Целью данной работы является обоснование выбора в качестве ТАМ самостоятельных кристаллогидратов и бинарных систем кристаллогидратов для создания пассивных устройств накопления тепла или холода для использования в транспортных средствах.

Основной раздел

Для использования в качестве ТАМ к кристаллогидратам и их солям предъявляют следующие требования:

– фазовый переход должен сопровождаться поглощением и выделением достаточно большого количества теплоты;

– кристаллогидрат должен иметь незначительное переохлаждение при кристаллизации;

– фазовый переход должен происходить вблизи реальной температуры плавления;

– кристаллогидрат должен обладать хорошей воспроизводимостью свойств на протяжении большого числа фазопереходных циклов без ухудшения эффекта скрытой теплоты;

– соль должна быть доступна в больших количествах; соль должна быть сравнительно дешевой;

– приготовление кристаллогидрата для применения должно быть сравнительно простым;

– соль должна быть безвредной (нетоксичной, невоспламеняющейся, негорючей, некорродирующей);

Таким требованиям к характеристикам ТАМ, работающим в заданном интервале температур, удовлетворяют не только чистые кристаллогидраты, но и эвтектические водные растворы солей, смеси кристаллогидратов различной природы и пр. [1-8].

Исследования над таким кристаллогидратом, как тригидрат ацетата натрия (АН-3) [16, 18, 20, 21], показали его исключительные тепловые характеристики для использования в качестве ТАМ. Эффективность данного материала проверена на тепловозах и автомобилях. Так, во время отстоя транспортных средств в зимнее время двигатель оставляют включенным, чтобы избежать его остывания. При этом расходуется значительное количество теплоты. При использовании АН-3 поддерживается необходимая температура двигателя после его включения, и при этом происходит значительная экономия топлива.

Кроме того, данный ТАМ используется для обогрева жилых помещений и полов, для создания комфортных жилетов монтажникам и другим работникам, работающим в экстремальных и аварийных условиях в зимнее время.

Более эффективными для ТАМ являются водные растворы солей и смеси кристаллогидратов, способствующие поиску наиболее оптимального состава и удобной температуры, удовлетворяющие основным требованиям ТАМ. Этим целям служат смеси кристаллогидратов 20÷90% $CH_3COONa\cdot 3H_2O$ + 80÷10%$Na_2S_2O_3\cdot 5H_2O$ [7], $CH_3COONa\cdot 3H_2O$+$Na_3PO_4\cdot 12H_2O$ [8], $CH_3COONa\cdot 3H_2O$+$Na_2SO_3\cdot 7H_2O$ [9], глауберова соль — бикарбонат аммония в массовом соотношении от 100:20 до 100:50 [10] и др.

При соотношении компонентов 58% H_2O + 16% Na_2SO_4 + 26% Na_2CO_3, 58% H_2O + 25% Na_2SO_4 + 17% Na_2CO_3, 70% H_2O + 14% Na_2SO_4 + 16% Na_2CO_3, 70% H_2O + 4% Na_2SO_4 + 26% Na_2CO_3 уменьшается расслоение состава, снижающее емкость аккумулирования теплоты, и повышается стабильность состава [11], $Na_2SO_4\cdot 10H_2O$+$Na_2CO_3\cdot 10H_2O$ от 5:4 до 1:2 [12], $Na_2SO_4\cdot 10H_2O$ (основа) + 2÷15%$Ca_2SO_4\cdot 0{,}5H_2O$ [13].

Авторы [19] предлагают многокомпонентный ТАМ состоящий на 59,6% из $Na_2CO_3\cdot 10H_2O$ и 8,85% $Na_2SO_4\cdot 10H_2O$, а также поташа и мочевины для ингибирования переохлаждения. В работе [28] предложен способ для предотвращения расслоения некоторых кристаллогидратов, в частности $Na_2CO_3\cdot 10H_2O$, $CH_3COONa\cdot 3H_2O$, $Na_2SO_4\cdot 10H_2O$, $Na_2S_2O_3\cdot 5H_2O$. Для борьбы с переохлаждениями в этой работе использовали зародышеобразующие добавки, такие как боракс ($Na_2B_4O_7\cdot 10H_2O$), $Na_2HPO_4\cdot 12H_2O$, порошковые медь и алюминий, оксид титана. Недостаток данной работы в том, что исследованы лишь самостоятельные кристаллогидраты, требующие достаточно дорогостоящих добавок, которые по-отдельности повышают стабильность и предотвращают переохлаждение кристаллогидратов. В борьбе с переохлаждениями и расслоениями в

работе [14] предлагается состав, основанный на смеси кристаллогидратов с добавками полимера и ингибиторов. В работе [15] кристаллогидраты солей сульфата и карбоната натрия смешиваются с парафином и несколькими органическими кислотами, позволяющими снижать переохлаждаемость.

Как видим, добавка к кристаллогидратам различных ингибиторов способствует уменьшению переохлаждения при кристаллизации растворов. Однако недостатком их использования является неустойчивость смесей кристаллогидратов с ингибиторами при многократном термоциклировании. Примером такого явления могут служить опыты с АН-3 с ингибитором $Na_2PO_4 \cdot 12H_2O$. На первых порах он снижает переохлаждение от 80 до 5 градусов, однако через несколько термоциклов либо при перегреве раствора переохлаждение вновь возвращалось к 80 градусам [22]. О зависимости переохлаждения от термической предыстории раствора свидетельствуют также работы [23-27]. В этих работах, помимо равновесных диаграмм, построены также и неравновесные, а также изучены влияния перегревов жидкой фазы на тип последующей кристаллизации.

Очевидно, необходим поиск других методик, снижающих переохлаждение и одновременно повышающих стабильность работы ТАМ в циклах плавления-кристаллизации без привлечения дополнительных дорогостоящих компонентов.

Здесь приведен лишь краткий перечень изобретений, относящихся к ТАМ, в которых используются смеси кристаллогидратов с различными добавками. Вместе с тем их анализ и анализ последующих изобретений и других литературных источников свидетельствует об отсутствии систематических исследований систем двойных и тройных кристаллогидратов. Даже для индивидуальных кристаллогидратов по одному из важнейших параметров – теплоте фазового превращения – имеются самые противоречивые литературные данные, приведенные в обзоре [29]. Так, для АН-3 приводятся следующие показатели: 290; 220; 180 кДж/кг, для пентагидрата тиосульфата натрия: 140; 193,55; 201 кДж/кг, для глауберовой соли 251 и 243,6 кДж/кг т.д.

В целом ряде работ указывается на устойчивость ТАМ на основе кристаллогидратов солей натрия к многочисленному термоциклированию, что является необходимым условием для их ежедневного использования для выравнивания теплового режима двигателя или создания микроклимата в кабине. Так, в работе [16] рассмотрены системы $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ и $CH_3COONa \cdot 3H_2O$ с различными добавками. Достигнуты величины выделения тепловой энергии при кристаллизации порядка 140-200 кДж/кг на протяжении нескольких тысяч циклов нагревания-охлаждения. В работе [17] исследовано влияние числа термоциклов на зародышеобразование в растворе теплового аккумулятора $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$. В качестве зародышеобразующих веществ использованы бура и глинозем в количестве 2,6 и 9,3 вес.% соответственно. Экспериментальные результаты получены в 600 циклах нагревания-охлаждения в интервале 11-50 ºС. Показано, что с увеличением числа циклов размер кристаллов возрастает, что отражается на изменении температуры кристаллизации, т.е. на переохлаждении.

Для подбора оптимального состава, состоящего из нескольких кристаллогидратов, немаловажную роль играет анализ диаграмм растворимости двух или более безводных солей, либо соответствующих им кристаллогидратов в воде. Для этого строят [30], например, тройные диаграммы вода – безводная соль А – безводная соль В. Это позволяет установить различные области фазовых состояний, строить пути кристаллизации по мере изменения температуры и концентрации, прогнозировать тенденцию формирования тройной эвтектики на основе бинарных эвтектик. Имеются лишь отдельные сведения о растворимостях в некоторых системах при фиксированных температурах, например, Na_2SO_3 - Na_2SO_4 - H_2O при 0°С [31], 15°С [32] и при 25°С [33], которые не дают цельных представлений о химических реакциях и фазовых превращениях в этих системах при непрерывном изменении температуры. Кроме того, в литературе практически отсутствуют сведения о метастабильных областях водных растворов с участием двух солей

и их изображения на диаграммах с указанием путей кристаллизации. Для наглядности и удобства анализа процессов формирования кристаллогидратов из водных растворов, по-видимому, надо исходить из диаграмм состояния вода – кристаллогидрат А – кристаллогидрат В.

Разброс и расхождение данных различных авторов по фазообразованию кристаллогидратов связаны с тем, что в этих работах отсутствуют систематические исследования влияния перегрева и других факторов на переохлаждение в широком диапазоне температур на одном и том же образце. Разные условия эксперимента, произвольно взятые перегревы, скорости кристаллизации, времена перекристаллизации, неконтролируемая предыстория, разрозненные примеси и т.д. не позволяют использовать имеющиеся сведения для удовлетворительного представления о механизмах и кинетике кристаллизации данных веществ. На качественный синтез кристаллогидратов влияют самые разнообразные факторы. Так, например, Кидяров Б.И. [34, 35] указывает, что экспериментальные данные о переохлаждаемости растворов имеют значительный разброс, зависящий от природы вещества, его чистоты и условий опыта. Обычно в первых опытах переохлаждаемость раствора зависит от числа перекристаллизаций, а в последующих является невоспроизводимой случайной величиной. На переохлаждаемость раствора и скорость кристаллизации влияет степень пересыщения раствора [36]. Условия кристаллизации кристаллогидратов влияют на структуру и свойства материалов. Например, при изучении глауберовой соли было обнаружено, что при кристаллизации она может находиться в двух различных формах: кристаллогидрат игольчатой формы (с длиной иголок от 10 до 45 мкм) и гелеобразная структура с иголками, длиной от 0,05 до 2 мкм. Процесс кристаллизации в первом случае протекает с постепенным выделением тепла. Кристаллизация в зависимости от концентрации сульфата натрия начинается по достижении критической температуры. Вот втором случае инициирующим фактором кристаллизации, которая протекает мгновенно, является простое встряхивание образца.

Авторами доклада [18] было изучено влияние числа термоциклов (до 600) нагревания и охлаждения на зародышеобразование в растворе теплового аккумулятора на основе $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$. Установлено, что с увеличением числа циклов размер кристаллов растет, а при наличии зародышеобразующих добавок понижается температура кристаллизации.

Таким образом, очевидно, что кристаллогидраты солей вообще и солей натрия в частности весьма активно используются для создания ТАМ. Однако многочисленные проблемы, связанные с изменением характеристик кристаллогидратов при длительной эксплуатации заставляют либо искать различные добавки, либо создавать сложные системы кристаллогидратов для уменьшения негативных эффектов и получения заданных рабочих диапазонов. На фоне очевидных недостатков самостоятельных кристаллогидратов их эвтектические смеси выгодно отличаются низкими значениями переохлаждений и высокой устойчивостью к длительному термоциклированию. Более того, меняя компоненты эвтектических смесей, можно варьировать рабочую температуру в очень широком диапазоне. Разумеется, энтальпия плавления менее варьируема и зависит не только от парциальных энтальпий смеси. И хотя энтальпия эвтектики всегда меньше энтальпий каждого из компонентов, она всегда значительна, а вкупе с низкой переохлаждаемостью и высокой стабильностью является оптимальным выбором для создания ТАМ.

На кафедре физики и физического материаловедения нашей академии на протяжении последних лет велись исследования по применению кристаллогидратов солей натрия и их смесей, обладающих перечисленными свойствами, пригодными для разработки теплоаккумулирующих материалов для двигателей и кабин транспортных средств. Объектами исследования являлись кристаллогидраты солей натрия: карбонат натрия декагидрат, ацетат натрия тригидрат, сульфат натрия декагидрат, тиосульфат натрия пентагидрат, водные растворы и смеси этих кристаллогидратов. Для изучения теплофизических свойств ТАМ нами разработаны специальные методы исследования. Это так называемый циклический термический анализ (ЦТА) и совмещенный метод ЦТА и ДТА. С помощью данного метода удалось решить одну из основных проблем

ТАМ, а именно значительно уменьшить их склонность к переохлаждениям и взрывным кристаллизациям. Практически для всех кристаллогидратов было установлено резкое уменьшение переохлаждения в случае, если жидкая фаза прогревалась до некоторой критической величины. Таким образом, были обнаружены «критические» границы перегрева жидкой фазы $\Delta T_к^+$ относительно температуры плавления, разграничивающие последующие процессы кристаллизации от взрывной (после ощутимых переохлаждений) к квазиравновесной с незначительным переохлаждением

В таблице 1 приведены теплофизические характеристики кристаллогидратов с указанием критических перегревов и переохлаждений.

Таблица 1

Характеристики неорганических веществ, используемых в качестве ТАМ

№	Вещество	Химическая формула	Температура плавления, ˚С	Теплота плавлен. кДж/кг	Переохл. ΔT^-, К	
					при $\Delta T^+ > \Delta T_к^+$	при $\Delta T^+ < \Delta T_к^+$
1	Пентагидрат тиосульфата натрия	$Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$	48,0	206,0	44	2-3
2	Декагидрат сульфата натрия	$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$	32,5	251,0	16	1-3
3	Декагидрат карбоната натрия	$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$	22-36,1	247,6	13	1-2
4	Тригидрат ацетата натрия	$Na(CH_3COO) \cdot 3H_2O$	58	272,4	70	4-5

Таким образом, для кристаллогидратов удалось выявить условия, при которых переохлаждения снижаются до минимальных значений без использований ингибиторов и внешних воздействий. При термоциклировании проявляется еще одна особенность фазопереходного вещества, «работающего» в установленном режиме, – устойчивость равновесных фазовых переходов в результате многократного термоциклирования.

На основании исследований некоторых бинарных систем кристаллогидратов солей натрия удалось получить составы, которые можно использовать в качеств аккумуляторов холода. Наиболее низкие температуры фазового перехода и наименьшие переохлаждения продемонстрировали эвтектические смеси кристаллогидратов (табл.2).

Такие смеси весьма устойчивы к длительному термоциклированию, что делает их хорошим выбором для построения пассивных аккумуляторов холода.

Таблица 2

Теплофизические характеристики некоторых эвтектических составов ТАМ

№	Эвтектика	$T_э$, °С	ΔT^-, °С	ΔH_L, кДж/кг
1	52,2% H_2O+ 47,8% $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$	-15,0	1-2	273
2	90% H_2O+ 10% $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$	-1,2	2	328
3	60% H_2O+ 40% $Na_2SO_3 \cdot 7H_2O$	-5,0	1	270
4	60% H_2O+ 40% $Na(CH_3COO) \cdot 3H_2O$	-18,0	1	310
5	78% H_2O+ 22% $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$	-3,0	1	315
6	40% $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$+ 60%$Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$	-15	1-2	223
7	50% $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$+ 50%$Na_2SO_3 \cdot 7H_2O$	-8,0	0	215
8	45% $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$+ 55% $Na_2SO_3 \cdot 7H_2O$	-17,0	2	193
9	47%$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$+ 53%$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$	-1,0	2	251
10	50%$Na(CH_3COO) \cdot 3H_2O$+50%$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$	19	1	256
11	50%$Na(CH_3COO) \cdot 3H_2O$+50%$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$	19	1	261,7

Вывод

Согласно обзору литературы и на основании проведенных нами исследований для аккумулирования тепла, необходимого для запуска двигателя в зимнее время, хорошим выбором являются кристаллогидраты солей натрия с добавками, предотвращающими или снижающими предкристаллизационные переохлаждения.

Применение многокомпонентных систем обеспечивает определенное преимущество перед однокомпонентными ТАМ. Это, в первую очередь, возможность выбора рабочей температуры аккумулятора холода/тепла и количества запасаемой тепловой энергии, а также высокая стабильность при длительном термоциклировании.

Список литературы

1. Бекман Г., Гилли П. Тепловое аккумулирование энергии. Пер. с англ. – М.: Мир, 1987. – 272 с.

2. В.Д. Левенберг, М.Р. Ткач, В.А. Гольстрем. Аккумулирование тепла. – К: Техника, 1991. – 112 с.

3. Данилин В.Н. Физическая химия тепловых аккумуляторов: Учеб. пособие / Краснодар. политехн. ин-т. – Краснодар, 1981. – 91 с.

4. В.Д. Александров, О.В. Соболь, С.А. Фролова, И.В. Сельская, А.Ю. Соболев, С.Г. Бугасова, Н.В. Щебетовская, Д.П. Лойко, В.Н. Ардатьев, О.Е. Сильченко, М.В. Стасевич. Теплоаккумулирующие материалы на основе кристаллогидратов // Сучасні будівельні матеріали. – Вип.1(75). – 2009. – С. 100-103.

5. Солнечная панель здания. / Т.Н. Старкова, П.Н. Старков, Г.Б. Устинов (СССР). А. с. №1548618. – F2472/42; заявл. 22.02.87; опубл. 14.02.1990. Бюл. №9.

6. Рюдигер Книп, Ханс Кийян, Петер Кершелл. Теплоаккумулирующая смесь для накопления и использования тепла фазового превращения и способ ее получения. Патент. Мерк Патент ГмбХ, Байерише Моторенверке АГ. С09К5/06.

7. Сохраняющий тепло материал / Ямасита Кадзуо Манцусита дэнки сансе к.к. Какай Токке Кохо Пат. № 62-161756 Япония. – 646083. МКИ. С09К 5/06; заявл. 29.06.87; опубл. 10.01.89. Бюл. № 3(3). – С.593-594.

8. Vatanbe J., Saito I., Nakatai T.V. Ускоряющее влияние зародышеобразующего агента на кристаллизацию гидратов солей, используемых в качестве ТАМ//Ind. Cryst. 87: Proc. 10-th Symp. Bechyne, Sept. 21-25, 1987 – Praha, 1989. – p. 141-145.

9. Термоаккумулирующий состав / Моримото Кадзуо, Аояго Харуки, Нисимура Кодзи Какай Токке Кохо. Пат. № №61-53383 Япония. – №59-173751 МКИС 09 к5/06; заявл. 21.08.84; опубл. 17.03.86.

10. Материал, аккумулирующий скрытую теплоту / Такэда Такэси, Кудо Ясуо, Матида Икухико Пат. №61-24778 Япония. – № 60-90022; заявл. 26.04.85; опубл. 05.11.86.

11. Аккумулирование тепловой энергии / Van Hook H., Jerrold Raytheon Co. Пат. № 438224 США. – U603003; заявл. 01.11.82; опубл. 29.07.86.

12. Материалы, аккумулирующие тепло / Кудо Ясуо, Такеда Такэси, Матида Икухико, Икэтани Кадзутоси. Мацусита дэнки сангё к.к. Пат. №58-88532 Япония. – № 59-213789; заявл. 19.05.83; опубл. 15.01.87.

13. Теплоаккумулирующий состав. / Saita Kenji, Fujioka Syozo. Samimoto Chemical Co. Ltd. Пат. № 659883 США. – № 4556501; заявл. 11.10.84; опубл. 17.12.87.

14. Дэн Тианлонг, Тан Йанронг, Лю Хуань, Го Яфэй, Ван Шикианг, Ю. Сяопин, Хужан Ву. Эффективный материал с фазовым переходом и его способ получения. / Университет Тяньцзинь науки и технологии. Патент № CN103059816. Заявл. 18.12.2012. Опубл. 24.04.2013.

15. Сюй Нан, Сюй Пэн, Панксин Чэнь, Ван Цзинь, Го Си. Phase-change energy-storage microcapsule, and preparation method and application thereof. / Шанхайский университет техники и технологии. Патнет № CN 102504766. Заявл. 09.10.2011. Опубл. 20.06.2012.

16. Gábor Bajnóczy. Physicochemical problems connected with phase change materials DOI: 10.3311/pp.ch.1985-2.05, p. 113-118.

17. Paul Wencil Brown, John W. Grimes II, Lawrence Kaetzel. Evaluation of the variation in thermal performance in a $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ phase change system// Solar Energy Materials. Vol. 13, Issue 6, July 1986, P. 453–461.

18. Chan R. K. Thermodynamics of energy storage of inorganic salt hydrates//IUPAC Conf. Chem. Thermodyn. And 39th Calorimetry Conf. Joint Meet., Hamilton, Aug. 13-17, 1984. Program and Abstr. S.I., s.a., 138-139.

19. Zhou Yenfeng, Wen Shuzhi, Zhou Yunfeng. Amco Soaking Material. Harbin Ship Building College. Патент № CN85106036 Заявл. 13.08.1985. Опубл. 04.03.1987.

20. Исследование тригидрата ацетата натрия, как аккумулятора скрытой теплоты. Yuan Deshui, Long Lea, Zhang Taiping, Hu Qizhu. Хуанжун шафань дасроэ сюэбао, J. Cent. China Norm. Univ. (Natur. Sci), 1987, 21. – № 3. – С. 393-396.

21. Влияние дегидратационного перехода $Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$ на ускорение процесса образования центров кристаллизации $NaCH_3COO \cdot 3H_2O$ / Watanabe Jasuyuki, Saito Tomonari // Кагаку когаку ромбунсю. – 1991. – № 1. – С. 48-53.

22. Ускоряющее действие $Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$ при зародышеобразовании $Na(CH_3COO) \cdot 3H_2O$ в расплаве / Watanabe Jasuyuki // Кагаку когаку ромбунсю. – 1990. – 16. – № 5. – с. 875-881.

23. В.Д. Александров, О.В. Соболь. Экспериментальное исследование влияния перегрева ΔT^+ жидкой фазы относительно температуры плавления T_L на процесс кристаллизации натрия тиосульфата пятиводного // Наукові праці ДонНТУ. Серія: Хімія і хімічна технологія. – 2006. – № 108(8) – С. 65-71.

24. В.Д. Александров, О.В. Соболь. Сопоставление перегревов кристалла при плавлении и переохлаждение расплава при кристаллизации // Журнал физ. хим. – 2007. – №11. – Т. 81.– С. 2100-2103.

25. В.Д. Александров, О.В. Соболь, Н.В. Савенков. Дослідження передкристалізаційних переохолоджень в системі вода-пентагідрат тіосульфату натрію // Фізика і хімія твердого тіла. – 2007. – № 4. – С. 1-5.

26. В.Д. Александров, О.В. Соболь, Е.Э. Самойлова. Синтез кристаллов пентагидрата тиосульфата натрия из водных растворов // Украинский химический журнал – 2009. – Т. 73 – № 2. – С. 123-124.

27. В.Д. Александров, О.В. Соболь, В.А. Постников. Экспериментальные исследования предкристаллизационных переохлаждений в системе H_2O-Na_2SO_4. // Фізика та хімія твердого тіла. Івано-Франківськ. – 2009. – Т.10. (1). – С. 177-182.

28. Hee W. Ryu, Sung W. Woo, Byung C. Shin, Sang D. Kim. Prevention of supercooling and stabilization of inorganic salt hydrates as latent heat storage materials / Solar energy materials and solar cells. – 1992. – V. 27. P. 161-172.

29. Мозговой А.Г., Шпильрайн Э.Э., Дибиров М.А., Бочков М.М., Левина Л.Н., Кенисарин М.М. Теплофизические свойства теплоаккумулирующих материалов. Кристаллогидраты: Обзоры по теплофизическим свойствам веществ. // ТФЦ. – М.: ИВТАН. 1990. №2(82). – С. 3-105.

30. Викторов М.М. Графические расчеты в технологии неорганических веществ. – Л.: Химия, 1972. – 464 с.

31. Сотова Н.Н. Изучение растворимости в системах $H_2O - Na_2SO_3 - Na_2SO_4$ при 0°С // Журн. прикл. химии. – 1978. – Т. LI. – В. 4. – С. 779-789.

32. Исследование растворимости в водных системах содержащих сульфат, сульфит и бисульфит натрия при 15°С // Моск. хим.-техн. ин-т. – М., 1981, – 7 с. Деп. в ВИНИТИ 17.12.81. № 5710-81.

33. Кузнецова А.Г. Исследование растворимости в системах $H_2O - Na_2SO_3 - Na_2SO_4$ при 25°С // Журн. прикл. химии – 1981. – № 10. – С. 2197-2201.

34. Кидяров Б. И. Кинетика образования кристаллов из жидкой фазы. – Новосибирск: СО АН СССР, 1979. – 132 с.

35. Кидяров Б. И. Кинетика нуклеации в растворах 1-2 электролитов // V Межд. науч. конф. «Кинетика и механизм кристаллизации», Иваново: Ин-т химии ратсворов РАН, 11-17 сен. 2008 г.: тезисы докл. – 2008. – С. 45.

36. Ахумов Е. И. О переходе системы из метастабильного состояния в стабильное // Журнал неорганической химии. – 1971. – Т.XVI. – вып. 2. – С. 291-293.

37. Орехов В. С. Определение теплоемкости кристаллогидратов сульфата натрия // Российская конференция по теплофизическим свойствам, Суздаль. 23-27 июн. 2006 г.: тезисы докл. – 2006. – С. 23.

Александров В.Д., Соболь О.В., Соболев О.Ю., Марченкова Ю.О. Використання теплоакумулюючих матеріалів на основі кристалогідратів солей натрію у транспортних засобах.

Анотація. *Зроблено огляд сучасних теплоакумулюючих матеріалів (ТАМ), що використовуються у двигунах та кабінах транспорту, проаналізовано їх характеристики, переваги й недоліки. На підставі проведених досліджень надано рекомендації з використання кристалогідратів солей натрію, їх водних розчинів і сумішей кристалогідратів для створення акумуляторів тепла та холоду для транспорту.*

Ключові слова: *транспорт, двигун, кабіна, теплоакумулюючий матеріал, кристалогідрат, плавлення, кристалізація, переохолодження, евтектика, фазовий перехід, ентальпія плавлення, ентальпія кристалізації, карбонат натрію декагидрат, ацетат натрію тригідрат, сульфат натрію декагідрат, тіосульфат натрію пентагідрат.*

Aleksandrov V.D., Sobol O.V., Sobolev A.Yu., Marchenkova Yu.A. Using heat storage materials based on sodium salts crystalline hydrates in vehicles.

Abstract. *The review on modern heat-storage materials (HSM) used in vehicles is made, their characteristics, advantages and disadvantages are analyzed. On the basis of researches recommendations about use of sodium salts crystalline hydrates, their water solutions and mixes of crystalline hydrates as a HSM in vehicles are made.*

Keywords: *vehicle, engine, stall, heat-storage material, crystalline hydrate, fusion, crystallization, supercooling, eutectic, phase change, fusion enthalpy, crystallization enthalpy, sodium carbonate decahydrate, sodium acetate trihydrate, sodium sulfate decahydrate, sodium thiosulfate pentahydrate.*

Стаття надійшла до редакції 24.03.2015 р.

УДК 629.3.018

ПРИЛЕПСКИЙ Ю.В., к. т. н., доцент,
Донецкий институт железнодорожного транспорта

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТЕНДОВОЙ ГОРЯЧЕЙ ОБКАТКИ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Аннотация. *В работе показана возможность существенного повышения эффективности стендовой обкатки двигателей внутреннего сгорания за счет использования выделяемой при испытании электрической и тепловой энергии.*
Ключевые слова*: система рекуперации, энергия электрическая, энергия тепловая, накопитель энергии, преобразователь энергии*

Постановка проблемы

В настоящее время в связи с неблагоприятной экономической ситуацией все большее внимание уделяется ремонтам автотранспортных средств как на станциях технического обслуживания, так и на авторемонтных предприятиях. К преимуществам последних можно отнести возможность реализации узловых и агрегатных ремонтов с привлечением специализированного оборудования и диагностических стендов. Это ускоряет ремонты, повышает их качество, снижает себестоимость, повышает конкурентоспособность предприятия. Все это в полной мере относится к ремонтам важнейшего агрегата автотранспортного средства – двигателя внутреннего сгорания.

Приработку и испытание двигателей внутреннего сгорания на ремонтных предприятиях производят на обкаточно-тормозных стендах, включающих устройство для вращения двигателя в период холодной обкатки и для поглощения мощности двигателя во время горячей обкатки и испытания. Кроме того, стенды оснащаются дополнительным оборудованием, обеспечивающим двигатель топливом, охлаждающей жидкостью и смазкой. Как правило, в качестве нагрузки, стенд комплектуется электрической машиной, которая при холодной обкатке работает в режиме двигателя. Во время горячей обкатки электрическая машина работает в режиме генератора, отдавая ток на нагрузку. В условиях ремонтного производства стендовую обкатку двигателей подразделяют на три стадии: холодная, горячая без нагрузки и горячая под нагрузкой.

Если холодная обкатка двигателя внутреннего сгорания осуществляется с потреблением энергии (питание электрической машины, работающей в режиме двигателя, постоянный подогрев охлаждающей жидкости и моторного масла), то при проведении горячей обкатки без нагрузки и особенно под нагрузкой электрическая и тепловая энергия интенсивно выделяются. С учетом того, что горячая обкатка без нагрузки и под нагрузкой двигателя внутреннего сгорания осуществляется часами, в зависимости от типа и мощности двигателя выделения энергии могут достигать нескольких десятков мегаджоулей. Как правило, основная часть энергии теряется в окружающее пространство: тепловая энергия уходит с отработавшими газами, а электрическая преобразуется в тепловую на активной нагрузке электрического тормоза и также теряется в окружающем пространстве.

Цель работы

Изучить возможность повышения эффективности стендовой обкатки двигателей внутреннего сгорания за счет рационального использования выделяемой при испытании электрической и тепловой энергии

Исследовательская часть

При анализе энергетических потерь при проведении стендовой горячей обкатки двигателей внутреннего сгорания выявлено три основных их источника: тепловые потери с отработавшими газами, тепловые потери в системе охлаждения и электрические потери на активной нагрузке для создания тормозного момента на валу двигателя внутреннего сгорания при горячей обкатке под нагрузкой. Поскольку по типу энергии, характеристикам теплоносителя и температурам эти источники потерь существенно отличаются друг от друга, в работе предложены три независимые друг от друга схемы рекуперации энергии.

Для повторного использования тепловой энергии из системы охлаждения двигателя внутреннего сгорания предлагается схема, представленная на рис. 1.

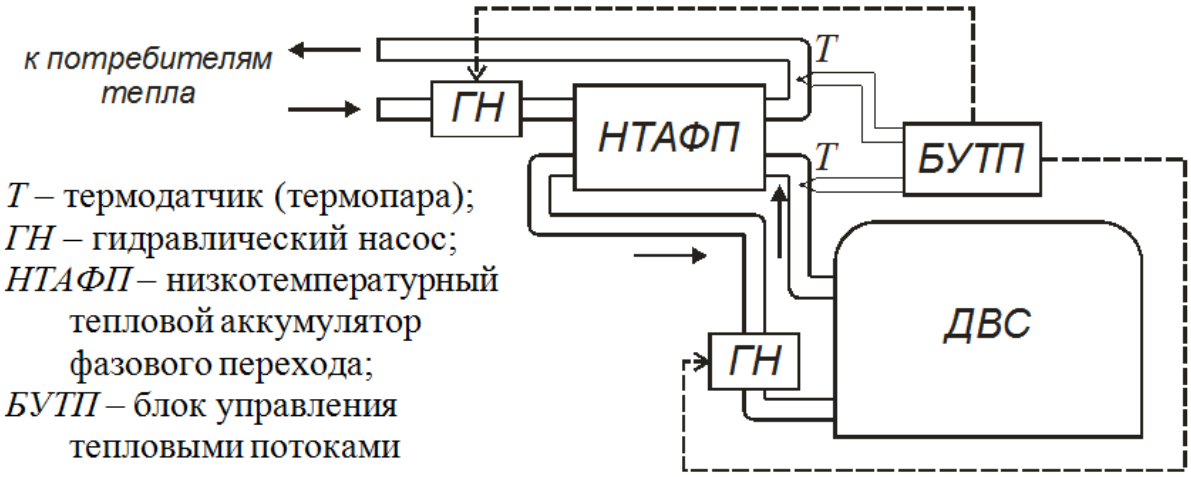


Рис.1. Схема рекуперации тепловой энергии из системы охлаждения при горячей обкатке ДВС

Как следует из представленной схемы, система охлаждения ДВС замкнута на низкотемпературный тепловой аккумулятор фазового перехода (НТАФП) с теплоаккумулирующим веществом, обладающим высокой теплоемкостью и теплосодержанием фазового перехода из твердого агрегатного состояния в жидкое и обратно и относительно низкой температурой плавления (до 100 °С). Наилучшим образом этим условиям отвечает парафин с температурой плавления 50 – 54 °С и удельной теплоемкостью 2,19 кДж/(кг·град). Теплоносителем, формирующим тепловой поток от ДВС к тепловому аккумулятору, является штатная охлаждающая жидкость. Тепловой режим ДВС при горячей обкатке устанавливается и поддерживается скоростью потока теплоносителя, задаваемой гидравлическим насосом (ГН). Управляющие сигналы для гидравлического насоса формируются блоком управления тепловыми потоками (БУТП) в зависимости от показания термодатчика (Т) на выходе теплового потока из ДВС.

Накапливаемая в аккумуляторе тепловая энергия отбирается теплоносителем из внешнего контура и передается потребителям. В качестве потребителей тепловой энергии может выступать аналогичный стенд, на котором осуществляется холодная обкатка двигателя внутреннего сгорания, или тепло передается на внутрицеховые или внутризаводские нужды. При отсутствии на данный момент времени технологического теплоотбора, тепловая энергия может храниться в тепловом аккумуляторе какое-то время с последующей реализацией. Длительность хранения тепла в тепловом аккумуляторе определяется качеством теплоизоляции. При стабильной программе испытаний накопленное тепло может быть реализовано на этом же стенде при холодной обкатке следующего по графику двигателя внутреннего сгорания. В последнем случае появляется возможность отказаться от формирования внешнего контура теплообмена и ограничиться локальным теплообменным контуром. При наличии на предприятии нескольких обкаточных

стендов и устойчивой их загруженности представляется целесообразным объединение их контуров системы охлаждения в едином тепловом аккумуляторе.

Существенная часть энергетических потерь при работе двигателя внутреннего сгорания приходится на потери тепла с отработавшими газами. В зависимости от режима работы двигателя внутреннего сгорания температура отработавших газов в выпускном коллекторе может достигать 600-700 °С. Цель заключается в том, чтобы тепловую энергию отработавших газов через теплообменник накапливать в аккумуляторе фазового перехода [1] и использовать для технологических или бытовых нужд предприятия. В целом, схема рекуперации тепловой энергии отработавших газов при проведении стендовых испытаний приведена на рис. 2.

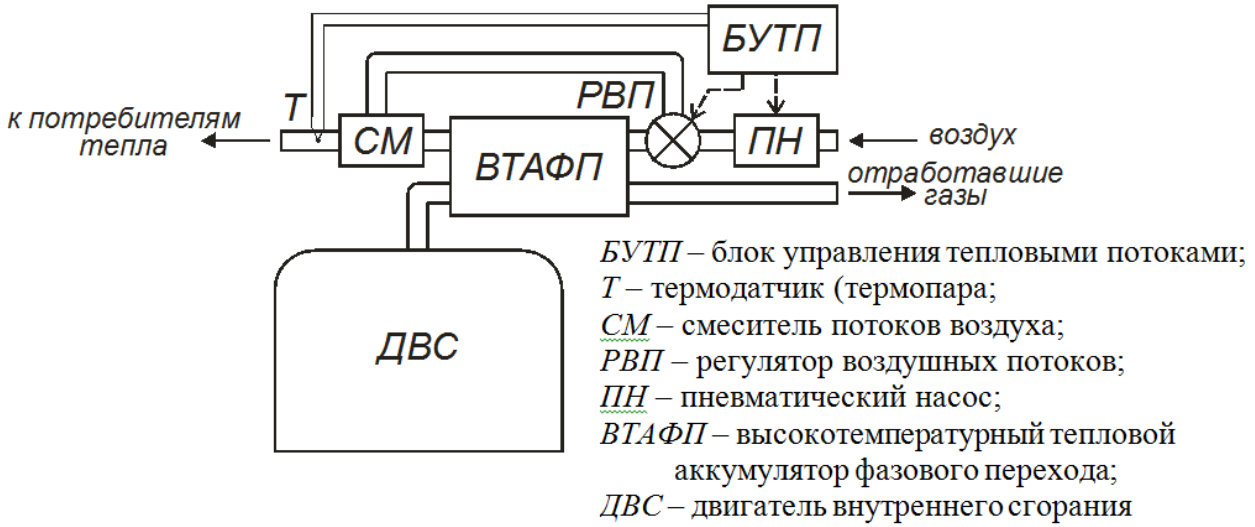


Рис.2. Схема рекуперации тепловой энергии отработавших газов при горячей обкатке ДВС

Отработавшие газы из двигателя внутреннего сгорания поступают в высокотемпературный тепловой аккумулятор фазового перехода (ВТАФП), объединенный с теплообменником, где происходит отбор тепла отработавших газов. Основу теплового аккумулятора представляет вещество, которое изменяет агрегатное состояние (плавление) в диапазоне температур 100-550 °С. Этот температурный диапазон приблизительно отвечает условиям работы теплового аккумулятора.

Использование накопленного тепла осуществляется с помощью потока теплоносителя, в качестве которого выступает воздух, нагнетаемый пневматическим насосом (ПН). С помощью регулятора воздушных потоков (РВП) поток теплоносителя распределяется в два воздухопровода, один из которых направляет воздух через теплообменник теплового аккумулятора, а второй поток воздуха направляется мимо теплообменника. Потоки холодного и нагретого воздуха перемешиваются в смесителе (СМ) и по теплоизолированному воздухопроводу направляются потребителям тепловой энергии. Температуру воздуха на выходе смесителя измеряют с помощью хромель-алюмелевой термопары (Т), сигнал от которой поступает в блок управления тепловыми потоками (БУТП), который, в свою очередь, вырабатывает сигнал управления для регулятора воздушного потока (РВП) и воздушного насоса (ВН).

При организации представленной схемы рекуперации важным фактором представляется правильный выбор теплоаккумулирующего вещества, которое должно соответствовать определенным условиям:

– максимальная температура, с которой будет работать теплоаккумулирующий материал – это температура отработавших газов (550 °С);

– минимальная температура, при которой придется работать теплоаккумулирующему материалу, будет равна минимальной температуре в зимний период; для зимнего периода возможную минимальную температуру в производственном помещении (при отсутствии отопления) принимали равной -10°С;

– в показанном интервале температур теплоаккумулирующий материал должен иметь точку фазово-агрегатного перехода (точку плавления);

– при изменении температуры теплоаккумулирующий материал должен быть химически стабильным, т.е. не изменять свой химический состав;

– при нагреве теплоаккумулирующий материал не должен переходить в газообразное состояние за счет кипения или возгонки;

– в процессе работы теплоаккумулирующий материал не должен вступать в химическую реакцию с материалом теплового аккумулятора;

– с точки зрения экономичности, теплоаккумулирующий материал должен иметь относительно малую стоимость.

Из доступных материалов наиболее полно поставленным условиям отвечают гидрохинон и едкий натр, основные характеристики которых представлены в таблице 1.

Таблица 1

Основные характеристики выбранных теплоаккумулирующих материалов

Параметры	Теплоаккумулирующие вещества	
	Гидрохинон	Едкий натр
Диапазон рабочих температур, °С	- 10... + 270	- 10 ... + 1200
Химическая формула	$C_6H_4(OH)_2$	NaOH
Молярная масса, г/моль	110	39,997
Плотность, кг/м^3	1,3	1,59
Температура плавления, °С	172	323
Температура кипения, °С	287	1403

При анализе представленных данных окончательный выбор остановили на едком натре.

В работе изучали изменение энергетических показателей и состояние выбранного теплоаккумулирующего материала в процессе изменения его температуры. Исследования проводили на физической модели теплового аккумулятора. В качестве физической модели использовали специально изготовленную трубчатую капсулу. В качестве заготовки для изготовления емкости капсулы использовали бесшовную трубу (ГОСТ 9941-81) из нержавеющей жаропрочной стали аустенитного класса марки 12Х18Н10Т (ГОСТ5632-72). Внешний диаметр трубы составлял 20 мм, толщина стенки – 2,0 мм. Такую толщину выбирали по следующим причинам: возможности формирования резьбового соединения на внешней поверхности и возможности удержания внутреннего давления при расплавлении теплоаккумулирующего вещества. Эскиз заготовки для капсулы после нарезания резьбы приведен на рис. 3. После нарезания резьбы для обеспечения герметизации внутреннего объема донный торец сплющивали и накладывали сварной шов (см. рис. 4). Для герметизации головной части капсулы изготавливали крышку с отверстием для запрессовки оболочки термопары (см. рис. 5).

Собирали капсулу следующим образом. Сначала емкость капсулы заполняли теплоаккумулирующим материалом (на весь объем емкости). Потом материал высыпали и взвешивали; отбирали от развеса 10 % по массе; остаток засыпали в капсулу. Такая методика позволяет зарезервировать после герметизации прослойку воздуха для снижения давления при нагреве. После этого резьбы смазывали герметизирующим материалом (раствор жидкого стекла и талька в соотношении 1:1 по массе) и формировали резьбовые соединения с натяжением. Для дополнитель-

ной герметизации между оболочкой термопары и крышкой капсулы закладывали герметизирующую медную шайбу. В собранном виде капсула с термопарой представлена на рис. 6.

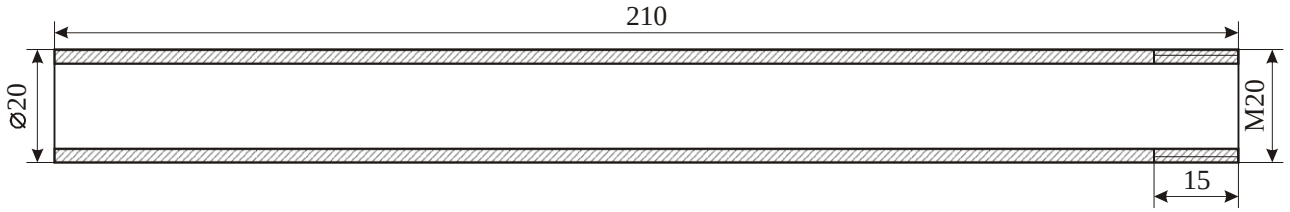


Рис. 3. Эскиз заготовки для капсулы после нарезания резьбы

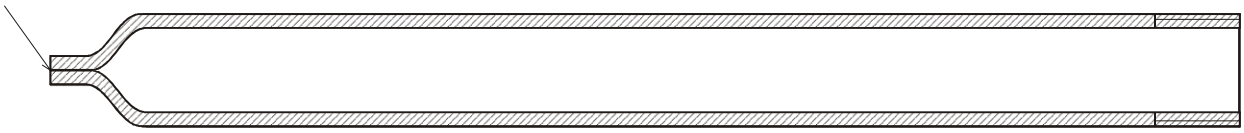


Рис. 4. Эскиз заготовки для капсулы после герметизации донной части

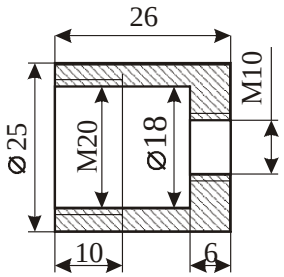


Рис. 5. Эскиз крышки капсулы с отверстием для запрессовки оболочки термопары

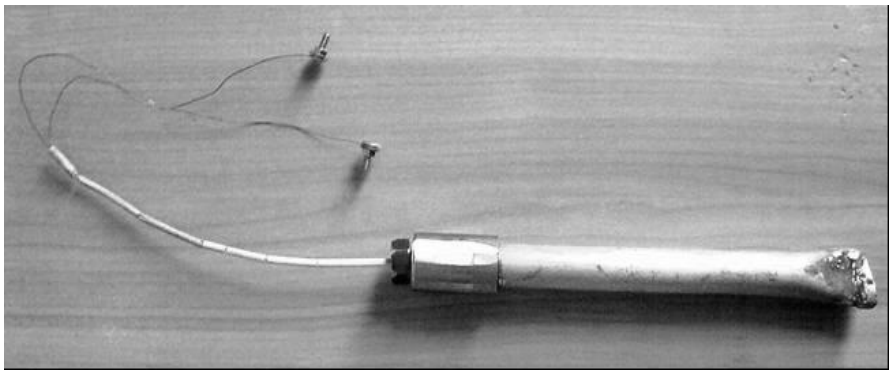


Рис. 6. Внешний вид капсулы с термопарой

После формирования капсула помещалась в рабочем пространстве муфельной нагревательной печи типа СНО. Нагрев осуществляли до температур, превышающих температуру плавления теплоаккумулирующего материала. После достижения капсулой необходимой температуры капсулу с термопарой вынимали из печи и охлаждали в условиях спокойного воздуха на специальной керамической подставке. Температура воздуха на начало охлаждения капсулы на воздухе оставалась постоянной и составляла 19°С.

При проведении эксперимента для замеров температуры использовали хромель-алюмелевые термопары. Температуру определяли по термо-ЭДС термопары. Значения термо-ЭДС переводили в показатели температуры согласно стандартных таблиц и графической зависимости термо-ЭДС от температуры. Замеры термо-ЭДС осуществляли через определенные фиксированные промежутки времени.

Главной целью проведения экспериментов являлось получение данных о количестве тепловой энергии, которую получает и отдает теплоаккумулирующий материал при нагреве и охлаждении. Непосредственно измерить количественные показатели тепловой энергии в условиях проведения запланированных экспериментов не представилось возможным, эти параметры находили расчетным путем на основе графиков нагрева и охлаждения капсулы с теплоаккумулирующим материалом. Для расчетов накопленной капсулой энергии была использована зависимость:

$$Q = N_T \cdot \tau , \tag{1}$$

где N_T – мощность теплового потока, Вт;

τ – время действия теплового потока, с.

В свою очередь, мощность теплового потока можно рассчитать по формуле:

$$N_T = q \cdot S , \tag{2}$$

где q – плотность теплового потока, Вт/м^2;

S – площадь теплопередачи между поверхностью капсулы и внешним воздушным пространством, м^2.

Плотность теплового потока в конкретный момент времени определяли по формуле:

$$q = \alpha \cdot \left(t_K - t_B\right), \tag{3}$$

где α – коэффициент теплоотдачи от поверхности капсулы окружающему воздуху (из справочника: α = 62,4 Вт/(м^2 К);

t_K – температура капсулы, град;

t_B – температура окружающего воздуха, град.

Поскольку в процессе охлаждения температура капсулы постоянно изменяется нелинейно, решено расчеты вести для условно дискретного процесса, заменяя монотонную кривую на ступенчатую зависимость (см. рис. 7).

Для выявления тепловых эффектов от теплоаккумулирующего вещества перед заправкой капсулы проводили опыт с собранной, но не заряженной капсулой. Это позволило определить тепловые показатели пустой и снаряженной капсулы и по разности выйти на искомые показатели.

Для эксперимента с пустой капсулой была попытка создать изотермические условия в рабочем пространстве печи. Для этого термическую печь сначала прогревали до температуры 500°С, делали изотермическую выдержку и размещали в печи капсулу с термопарой. Постоянная температура поддерживалась за счет штатного регулятора релейного типа.

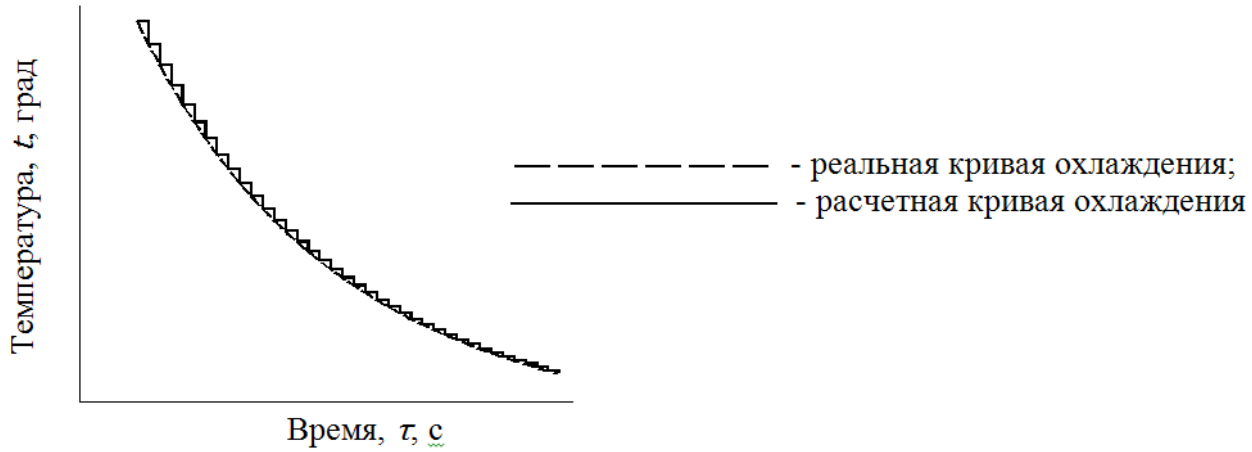


Рис. 7. Схема замены реальной кривой охлаждения на расчетную

На рис. 8 приведен график изменения температуры рабочего пространства печи и температуры капсулы без теплоаккумулирующего материала.

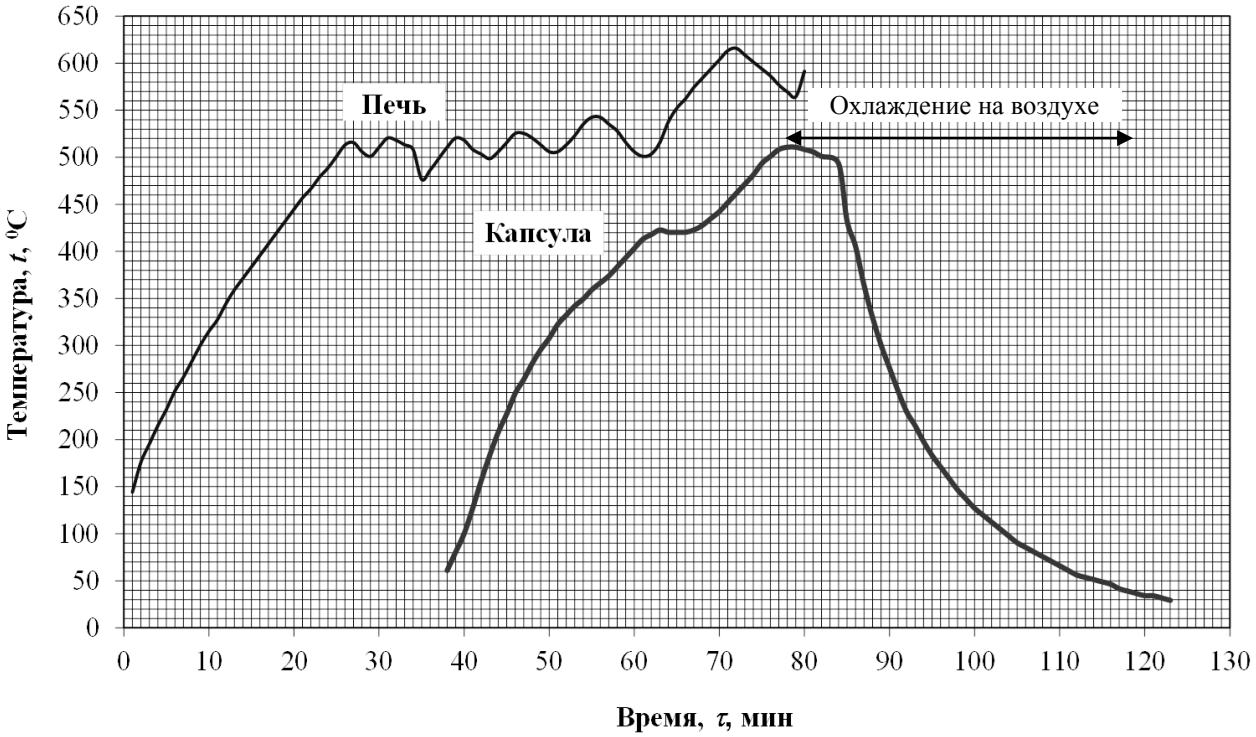


Рис. 8. Изменение температуры рабочего пространства печи и капсулы без теплоаккумулирующего материала

Как следует из приведенного графика, релейный регулятор не обеспечивает достаточную стабильность температуры в рабочем пространстве печи, что вызвало колебания температуры внутри капсулы. Поэтому для расчетов использовали участок графика, соответствующий охлаждению капсулы на воздухе, температура которого была практически постоянна.

Площадь поверхности капсулы рассчитывали исходя из размеров по формуле:

$$S_K = S_{TP} + S_{KP1} + S_{KP2} + S_{KP3} + S_{ГБ}, \quad (4)$$

где S_{TP} – площадь поверхности трубчатой части тела капсулы, м^2;

S_{KP1} – площадь торцевой поверхности крышки, направленной к трубчатой части тела ка-

псулы, м^2;

$S_{КР2}$ – площадь боковой поверхности крышки, м^2;

$S_{КР3}$ – площадь торцевой поверхности крышки, направленной от трубчатой части тела капсулы, м^2;

$S_{ГБ}$ – площадь боковой поверхности головки болта, м^2;

Площадь поверхности трубчатой части тела капсулы определяли по формуле:

$$S_{ТР} = \pi \cdot d \cdot l = \pi \cdot 0{,}02 \cdot 0{,}2 = 0{,}01257 \text{ м}^2, \quad (5)$$

где d – диаметр трубчатой части тела капсулы, м;

l – длина трубчатой части тела капсулы от торца крышки к торцу трубы, м.

Площадь торцевой поверхности крышки, направленной к трубчатой части тела капсулы, определяли по формуле:

$$S_{КР1} = S_{КР3} - S_{ПТР} = \frac{\pi \cdot d_{КР}^2}{4} - \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0{,}025^2}{4} - \frac{\pi \cdot 0{,}02^2}{4} = 1{,}767 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2, \quad (6)$$

где $d_{КР}$ – диаметр крышки, м.

Площадь боковой поверхности крышки определяли:

$$S_{КР2} = \pi \cdot d_{КР} \cdot l_{КР} = \pi \cdot 0{,}025 \cdot 0{,}026 = 0{,}00204 \text{ м}^2. \quad (7)$$

Площадь торцевой поверхности крышки, направленной от трубчатой части тела капсулы, определяли:

$$S_{КР3} = \frac{\pi \cdot d_{КР}^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0{,}025^2}{4} = 4{,}909 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2. \quad (8)$$

Площадь боковой поверхности головки болта находили как сумму поверхности 6 граней головки болта:

$$S_{ГБ} = 6 \cdot a \cdot b = 6 \cdot 0{,}006 \cdot 0{,}01 = 0{,}00036 \text{ м}^2. \quad (9)$$

Подставляя полученные результаты в формулу (4), находим:

$$S_К = 0{,}01257 + 0{,}0001767 + 0{,}00204 + 0{,}0004909 + 0{,}00036 = 0{,}0156376 \approx 0{,}0156 \text{ м}^2.$$

Дальнейшие расчеты проводили по формулам (1) ... (3). Результаты расчетов тепловых параметров охлаждения капсулы без теплоаккумулирующего материала предоставлены в таблице 2.

Таким образом, энергия, отданная капсулой без теплоаккумулирующего материала при ее охлаждении от температуры 508°С к температуре приблизительно 30°С, равняется 412541,4 Дж.

Таблица 2

Результаты расчета тепловых параметров охлаждения капсулы без теплоаккумулирующего материала

Температура капсулы, tк, ^{0}C	Промежутки времени действия теплового потока, τ_i, мин.	Промежутки времени действия теплового потока, τ_i, с.	Плотность теплового потока, q, Вт/м^2;	Мощность теплового потока, N_T, Вт	Энергия, отданная капсулой на данном этапе, Q_i, Дж	Энергия, отданная капсулой с начала охлаждения, Q, Дж
1	2	3	4	5	6	7
508,37	1	60	30536,7	476,37	28582,2	28582,2
505,93	1	60	30384,4	474	28440	57022,2
501,04	1	60	30079,3	469,24	28154,4	85176,6
493,7	2	120	29621,3	462,09	55450,8	140627,4
432,6	1	60	25808,6	402,61	24156,6	164784
405,72	1	60	24131,3	376,45	22587	187371
364,17	1	60	21538,6	336	20160	207531
329,95	1	60	19403,3	302,69	18161,4	225692,4
300,62	1	60	17573,1	274,14	16448,4	242140,8
276,18	1	60	16048	250,35	15021	257161,8
251,74	1	60	14523	226,56	13593,6	270755,4
229,74	1	60	13150,2	205,14	12308,4	283063,8
215,08	1	60	12235,4	190,87	11452,2	294516
197,97	1	60	11167,7	174,22	10453,2	304969,2
183,31	1	60	10252,9	159,95	9597	314566,2
171,09	1	60	9490,4	148,05	8883	323449,2
158,87	1	60	8727,9	136,16	8169,6	331618,8
146,65	1	60	7965,4	124,26	7455,6	339074,4
136,87	1	60	7355,1	114,74	6884,4	345958,8
127,09	1	60	6744,8	105,22	6313,2	352272
119,76	1	60	6287,4	98,08	5884,8	358156,8
112,43	1	60	5830	90,95	5457	363613,8
105,1	1	60	5372,6	83,81	5028,6	368642,4
97,76	1	60	4914,6	76,67	4600,2	373242,6
90,43	1	60	4457,2	69,53	4171,8	377414,4
85,54	1	60	4152,1	64,77	3886,2	381300,6
80,65	1	60	3847	60,01	3600,6	384901,2
75,77	1	60	3542,4	55,26	3315,6	388216,8
70,88	1	60	3237,3	50,5	3030	391246,8
65,99	1	60	2932,2	45,74	2744,4	393991,2
61,1	1	60	2627	40,98	2458,8	396450
56,21	1	60	2321,9	36,22	2173,2	398623,2
53,77	1	60	2169,6	33,85	2031	400654,2
51,33	1	60	2017,4	31,47	1888,2	402542,4
48,88	1	60	1864,5	29,09	1745,4	404287,8
46,44	1	60	1712,3	26,71	1602,6	405890,4
41,55	1	60	1407,1	21,95	1317	407207,4
39,11	1	60	1254,9	19,58	1174,8	408382,2
36,66	1	60	1102	17,19	1031,4	409413,6
34,22	1	60	949,7	14,82	889,2	410302,8
34,22	1	60	949,7	14,82	889,2	411192
31,77	1	60	796,8	12,43	745,8	411937,8
29,33	1	60	644,6	10,06	603,6	412541,4

При проведении эксперимента с NaOH капсулу с этим веществом нагревали вместе с печью. Масса кладки едкого натра в капсюле составила 16 г. Температура окружающего воздуха на начало охлаждения капсулы составила $t_в$ =19 °С.

Результаты замеров температуры в рабочем пространстве печи и внутри капсулы приведены на рис. 9.

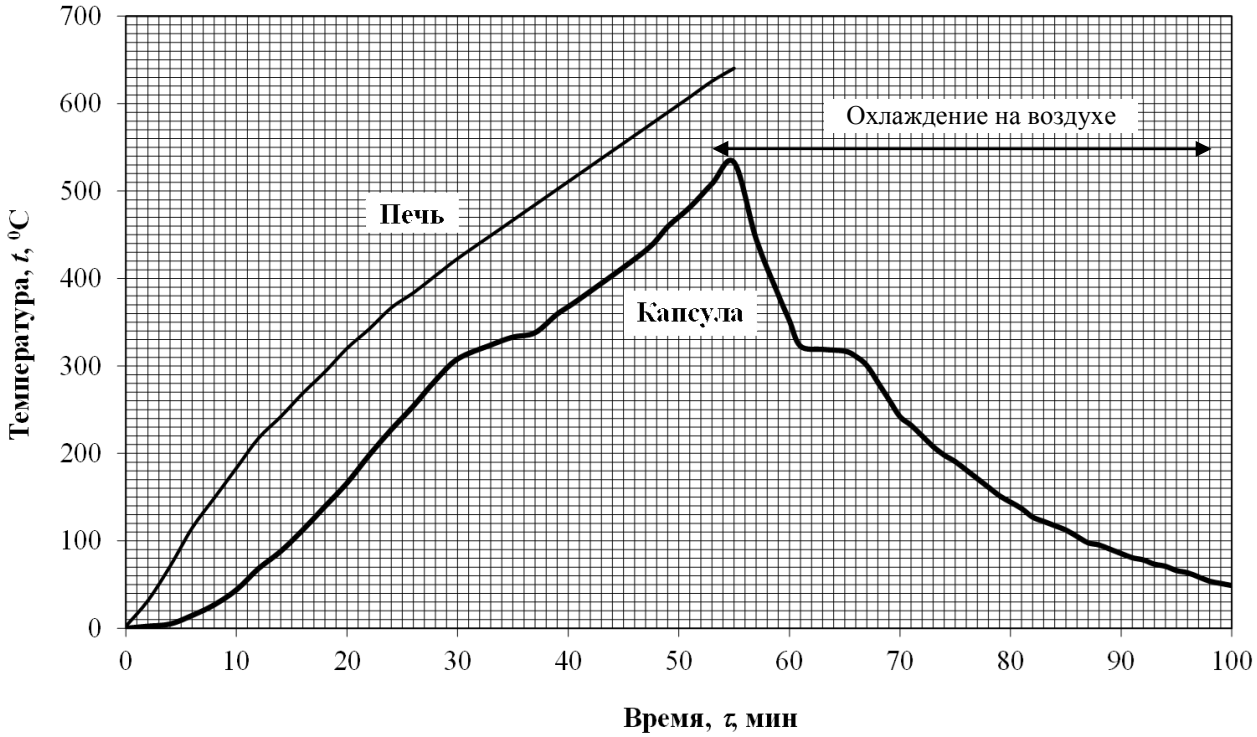


Рис. 9. Изменение температуры рабочего пространства печи и капсулы с NaOH

Как следует из приведенного графика, в районе температур плавления NaOH кривая формирует площадки фазового перехода как при нагреве, так и при охлаждении, которые связаны с плавлением и кристаллизацией соответственно. Причем при нагреве заметен температурный гистерезис площадки в сторону увеличения, а при охлаждении – в сторону снижения температур, что полностью соответствует известным закономерностям.

Согласно представленной ранее методике, определили, что в процессе охлаждения капсула с едким натром отдала в окружающее пространство 508912,8 Дж тепловой энергии.

Энергетический эффект едкого натра выявляли как разницу энергетических показателей снаряженной и пустой капсулы:

$$Q_{EH} = Q_{Kc} - Q_{Kn} = 508912{,}8 - 412541{,}4 = 96371{,}4 \text{ Дж}, \quad (10)$$

где Q_{Kc} – энергия снаряженной капсулы, Дж;

Q_{Kn} – энергия пустой капсулы, Дж.

Массовую удельную энергию в показанном интервале температур определяли:

$$Q_{EH}^{уд} = \frac{Q_{EH}}{m_{EH}} = \frac{96371.4}{0{,}016} = 6023212{,}5 \text{ Дж/кг} \quad (11)$$

где m_{EH} – масса едкого натра, кг.

Масса теплоаккумулирующего материала, необходимая и достаточная для обеспечения эффективной работы системы рекуперации тепловой энергии, зависит от ряда факторов: мощности обкатываемых двигателей, их эффективного коэффициента полезного действия, количества параллельно работающих стендов, интенсивности отбора тепловой энергии для нужд потребителей и так далее. В общем случае массу теплоаккумулирующего материала можно определить по формуле:

$$M_{TAM} = \frac{Q_{НЭ}}{Q_{TAM}^{уд} \cdot \eta_{TP}}, \qquad (12)$$

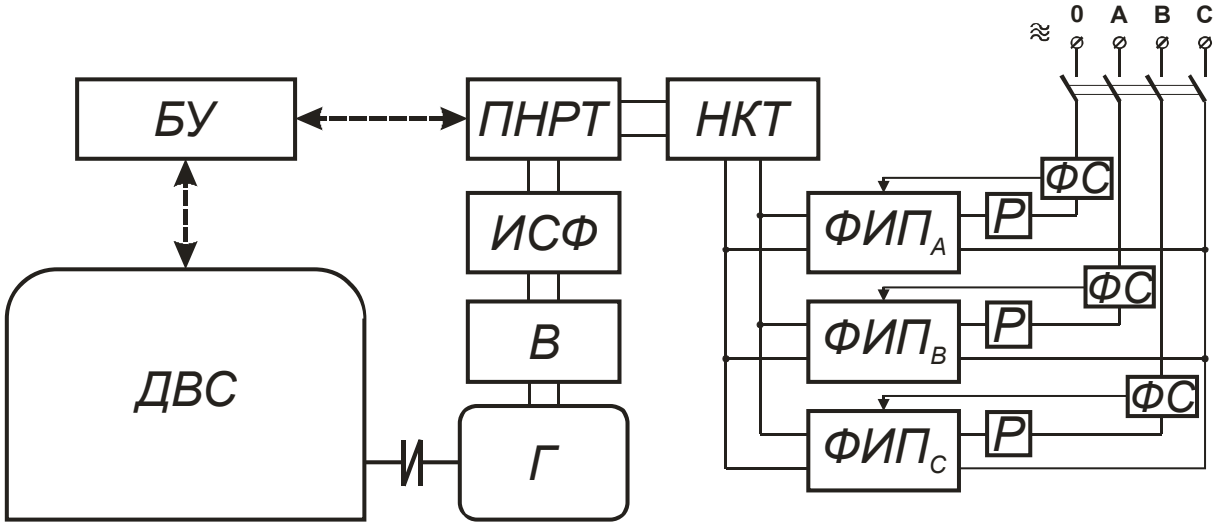
где $Q_{НЭ}$ – накапливаемая в тепловом аккумуляторе энергия, Дж;

$Q_{TAM}^{уд}$ – удельная массовая энергия теплоаккумулирующего материала, Дж/кг;

η_{TP} – коэффициент полезного действия тепловой рекуперации.

Следует особо отметить, что конструкция теплового аккумулятора фазового перехода должна предусматривать расположение трубчатого теплообменника, по которому проходят отработавшие газы, в верхней части рабочего пространства. В противном случае объемные эффекты при плавлении теплоаккумулирующего вещества способны разрушить оболочку и внутренние конструкции теплового аккумулятора. С той же целью необходимо предусмотреть наличие незаполненного теплоаккумулирующим материалом рабочего пространства теплового аккумулятора.

Помимо рекуперации тепловой энергии при стендовых испытаниях, в работе изучалась возможность рекуперации электрической энергии при горячей обкатке двигателя внутреннего сгорания под нагрузкой. С учетом возможных резких колебаний в режимах испытания двигателя внутреннего сгорания под нагрузкой, режима работы потребителей электрической энергии и даже при отсутствии мощных внутризаводских потребителей предлагается следующая схема использования электрической энергии, вырабатываемой стендом (см. рис. 10).



БУ – блок управления; ДВС – двигатель внутреннего сгорания; ПНРТ – преобразователь напряжения / регулятор тока; ИСФ – индуктивный сглаживающий фильтр; В – выпрямитель; Г – генератор; НКТ – накопитель конденсаторного типа; ФИП – пофазовый инверторный преобразователь; Р – реактор индуктивный; ФС – фазовый синхронизатор

Рис. 10. Блок-схема рекуперации электрической энергии при горячей обкатке ДВС под нагрузкой

Как следует из приведенной блок-схемы, асинхронная электрическая машина стенда, работающая в режиме генератора (Г) при горячей обкатке ДВС под нагрузкой вырабатывает переменный электрический ток, который через выпрямитель (В) и сглаживающий фильтр индуктивного типа (ИСФ) подается на преобразователь напряжения и регулятор тока (ПНРТ). Преобразователь напряжения представляет из себя мостовой инвертор, работающий на повышенной частоте (50 – 60 кГц); величина тока определяется скважностью импульсов преобразователя [2] и формирует тормозной момент на валу генератора (Г), то есть нагрузку двигателя внутреннего сгорания. С ПРНТ ток поступает на накопитель конденсаторного типа (НКТ), выполняющий двоякую функцию: сглаживание пульсаций выпрямленного тока и снижение скачков электрических параметров, связанных с резким изменением режима работы двигателя внутреннего сгорания или скачкообразными изменениями нагрузки во внешней сети. То есть, накопитель фактически снижает динамику переходных процессов. В качестве накопителя электрической энергии предлагается использовать конденсаторы сверхбольшой емкости [3] с низким внутренним сопротивлением, которое практически не зависит от степени заряженности. Это позволяет работать со значительными зарядными и разрядными токами. Кроме того, эти конденсаторы имеют гарантированный срок эксплуатации до 15 лет и более.

Электрическая энергия, накапливаемая в НКТ, передается на пофазные инверторные преобразователи (ФИП), каждый из которых формирует переменное напряжение с промышленной частотой 50 Гц. Частотно-фазовую синхронизацию с внешней сетью обеспечивают фазовые синхронизаторы (ФС). Реакторы индуктивного типа (Р) обеспечивают синусоидальную форму напряжения.

Такая схема двойного преобразования напряжения вызвана следующими причинами. Во-первых, одна из фаз асинхронной электрической машины (Г) работает в режиме обмотки возбуждения, что вызывает искажения формы напряжения и делает невозможным прямую передачу электрической энергии во внешнюю цепь. Во-вторых, переменная частота вращения коленчатого вала ДВС не дает возможность обеспечить частоту тока генератора на уровне 50 Гц. В-третьих, наличие промежуточного накопителя позволяет устранить взаимное влияние динамических процессов в работе ДВС и во внешней цепи.

Наличие в электросети предприятия реверсного счетчика потребленной электрической энергии даст возможность передавать электрическую энергию во внешнюю сеть. Это возможно в случае, когда мощность включенных внутризаводских потребителей меньше мощности, генерируемой стендом или несколькими стендами, на которых осуществляется горячая обкатка двигателей внутреннего сгорания под нагрузкой.

Выводы

1. Предложена схема комплексной рекуперации тепловой и электрической энергии при стендовой горячей обкатке двигателей внутреннего сгорания без нагрузки и под нагрузкой, что позволяет снизить затраты на проведение испытаний и повысить их эффективность. Причем при обкатке ДВС без нагрузки осуществляется рекуперация только тепловой энергии, а под нагрузкой – тепловой и электрической энергии.

2. Отбор тепловой энергии рационально осуществлять по двум раздельным контурам: от системы охлаждения двигателя внутреннего сгорания и от системы выпуска отработавших газов. Это обусловлено существенным различием рабочих температур и разными теплоаккумулирующими материалами.

3. Схема, предложенная для рекуперации электрической энергии, позволяет использовать ее на внутризаводские нужды или передавать ее во внешнюю электрическую сеть при наличии на предприятии реверсного счетчика электрической энергии.

Список литературы

1. Александров В.Д. Теплові акумулятори фазового переходу для транспортних засобів: параметри робочих процесів / В.Д. Александров, Ю.Ф. Гутаревич, І.В. Грицук, Ю.В. Прилепський і інш. – Донецьк: Вид-во «Ноулідж», 2014. – 230 с.[іл. 85, табл. 21]. ISBN 978-966-8707-45-2.

2. Прилепский Ю.В. Исследование возможности параллельной работы преобразовательных блоков системы рекуперации электрической энергии на транспортных средствах // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. – 2014. – №4. – С. 72-78.

3. Варакин А.И., Варакин И.Н., Менухов В.В. Применение электрохимических конденсаторов в составе гибридных силовых установок маневровых и магистральных тепловозов // НТТ. – 2007. – №2.

Прилепський Ю.В. Підвищення ефективності стендової гарячої обкатки двигунів внутрішнього згоряння

Анотація. *В роботі показано можливість суттєвого підвищення ефективності стендової обкатки двигунів внутрішнього згоряння за рахунок використання електричної і теплової енергії, що виділяється.*

Ключові слова*: система рекуперації, енергія електрична, енергія теплова, накопичувач енергії, перетворювач енергії.*

Prylepskyi Yu.V. Improving the efficiency of the hot bench running internal combustion engines

Abstract*. The paper shows the possibility of a significant increase of efficiency bench running internal combustion engines through the use of allocated during testing of electric and heat energy.*

Keywords*:* recovery system, electrical energy, thermal energy, energy storage, energy converter.

Стаття надійшла до редакції 27.02.2015 р.

УДК 629.113

КОТЕСОВА А.А., ассистент
Ростовский государственный строительный университет

УВЕЛИЧЕНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ВЕРОЯТНОСТИ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ ДЕТАЛИ

Предлагается расчет гамма-процентного усталостного ресурса детали одноковшового экскаватора с различными вариантами изготовления детали. Выполнена оптимизация усталостного гамма-процентного ресурса детали одноковшового экскаватора и рассчитан экономический эффект. Выявлено, что вероятность безотказной работы стрелы с увеличенным гамма-процентным ресурсом составит 0,93, что соответствует ресурсу Tpi =19500 ч. При этом гамма-процентный ресурс для серийной стрелы оказался меньше в 35,9 раза.
Ключевые слова: *надежность, ресурс, оптимизация, генеральная совокупность, выборка, экономический эффект.*

Постановка проблемы

В современных условиях не перестает быть актуальной проблема повышения эффективности функционирования строительных машин. Простои строительной техники, в частности одноковшового экскаватора (ОЭ), приводят к нарушению сроков работ и к значительным экономическим потерям. Как известно, базовой деталью одноковшового экскаватора является стрела. Повышение безотказности стрелы ОЭ приведет к снижению количества отказов машины, сокращению затрат на ремонт и простоев техники.

Таким образом, гамма-процентный усталостный ресурс деталей, в частности стрелы одноковшового экскаватора, должен соответствовать ресурсу до списания машины. Для предупреждения отказов необходимо увеличить гамма-процентный усталостный ресурс стрелы до оптимального значения. Это позволит снизить затраты на ремонт и ущерб от простоя экскаватора и связанного с ним механизированного комплекса машин, что определяет актуальность представленной работы.

Цель статьи

Увеличение и оптимизация вероятности безотказной работы детали, в частности стрелы одноковшового экскаватора, с помощью перехода от выборочных исходных данных к численным значениям параметров генеральной совокупности конечного объема.

Основной раздел

Вопросами исследования и повышения надежности машин, в том числе и одноковшовых экскаваторов, занимались многие ученые, которые внесли значительный вклад в развитие теории и практики надежности машин. Анализ выполненных исследований показал, что имеется возможность совершенствования методов обеспечения заданного усталостного гамма-процентного ресурса деталей одноковшового экскаватора.

Таким образом, возникает необходимость разработки нового метода обеспечения заданного усталостного гамма-процентного ресурса деталей одноковшового экскаватора с использованием перехода выборка – совокупность.

Накопленные данные о надежности различных машин, узлов и деталей свидетельствуют о том, что во многих случаях отказы возникают преждевременно, хотя расчеты ресурса выполняются достаточно объективно.

Вместе с тем известно, что в расчетах ресурса используются исходные данные, полученные по выборкам объема n=10 ÷ 100, хотя в эксплуатации могут находиться тысячи и даже миллионы машин, узлов и деталей, образующих генеральные совокупности конечного объема.

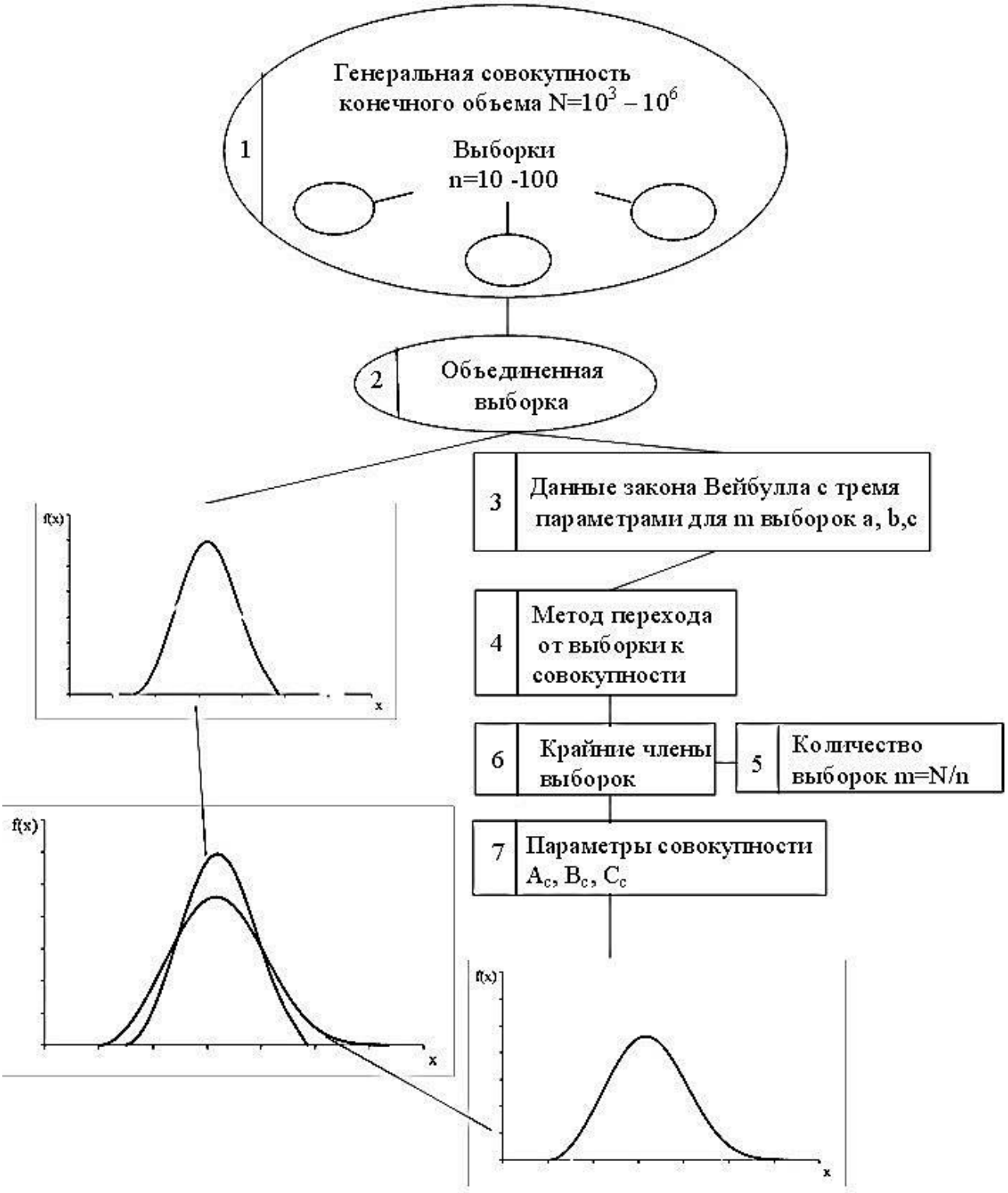


Рис.1. Алгоритм уточненного определения параметров прочности, нагруженности и ресурса с помощью перехода от выборочных исходных данных к параметрам совокупности

Представлена модель увеличения и оптимизации усталостного ресурса деталей стрелы одноковшового экскаватора с использованием перехода от выборочных данных к данным совокупности прочности и действующих напряжений. Предлагаемая модель должна удовлетворять следующим требованиям:

1. Иметь возможность с помощью моделирования получать совокупность ресурса детали, значений твердости, предела выносливости, предела прочности и нагруженности (n=10 – 100).

2. Учитывать как экспериментальные данные по прочности и нагруженности, так и технико-экономические параметры машины.

3. Позволять рассчитывать и оптимизировать гамма-процентный ресурс детали как для выборки, так и для совокупности.

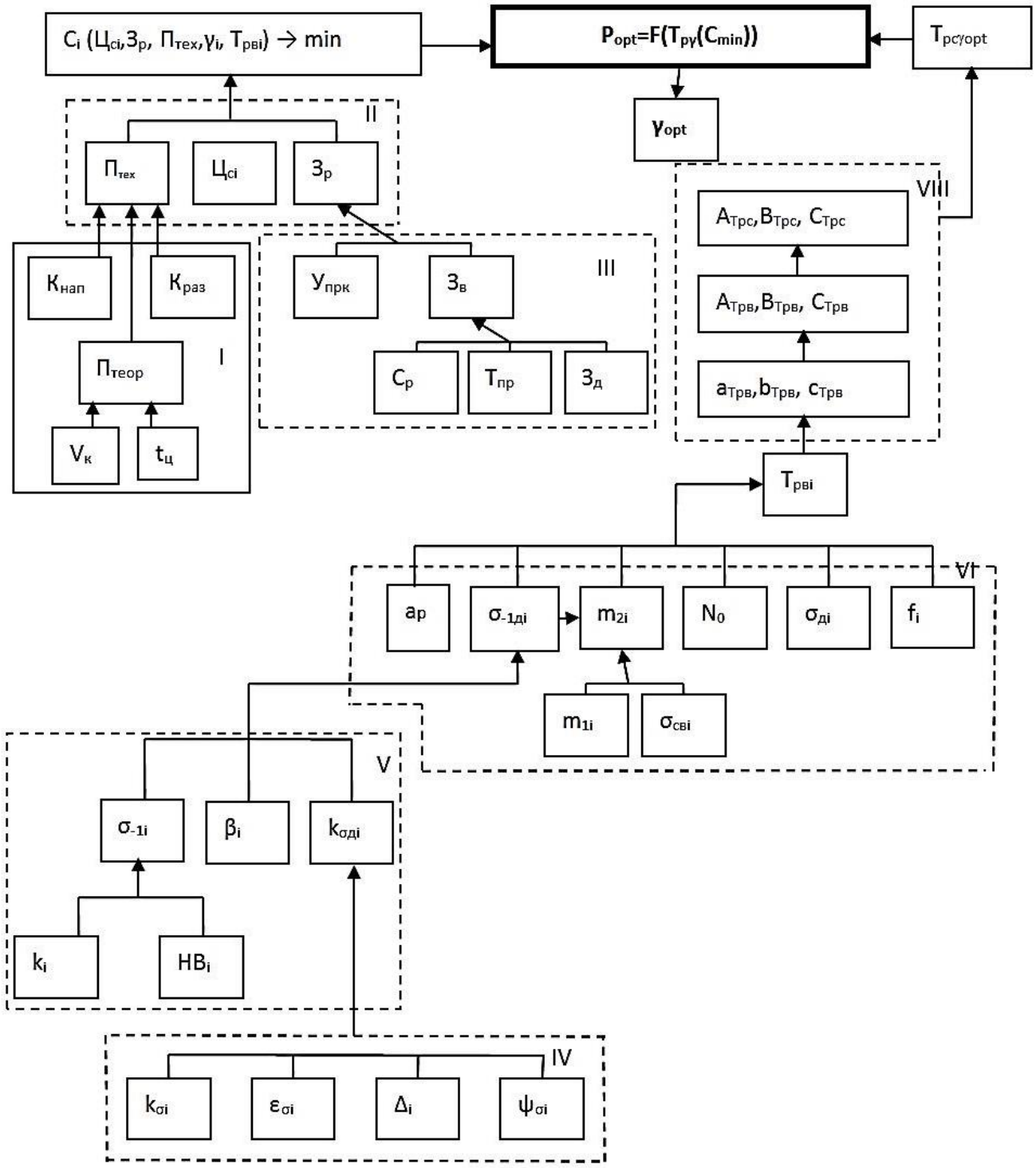


Рис. 2. Блок-схема модели обеспечения усталостного гамма-процентного ресурса стрелы одноковшового экскаватора

Данная модель представляет собой систему, состоящую из 7 блоков: I – параметры, влияющие на техническую производительность машины; II – параметры, влияющие на удельные

затраты; III – параметры, влияющие на затраты на ремонт; IV – параметры, влияющие на коэффициент предела выносливости; V – параметры, связанные с прочностью и нагруженностью детали; VI – параметры, необходимые для моделирования ресурса детали по выборочным данным; VII – параметры, необходимые для определения гамма-процентного ресурса детали.

В модели представлен блок, позволяющий определить гамма-процентный ресурс детали не по выборочным параметрам, а по параметрам совокупности, а также представлен блок оптимизации удельных суммарных затрат, который в итоге позволяет определить оптимальное значение ВБР детали.

Ранее было принято равенство сдвигов крайних членов выборок С и совокупности конечного объема Сс с ошибкой 3-5%. Достаточного обоснования величины этой сравнительно большой ошибки не приводится, поэтому возникла необходимость тщательного исследования определения величины данной ошибки. Для этого исследования рассмотрены 10 разных параметров (твердость, предел прочности, ресурс) стальных образцов и деталей. Для каждого параметра деталей (твердость, предел прочности, ресурс) выполнено моделирование (компьютерный эксперимент), когда по известным трем параметрам распределения Вейбулла для совокупности (объем совокупности Nc=104) случайным образом извлекали выборки объемом n=50 в количестве m=200. Из каждой выборки выбирали минимальные члены выборок и аппроксимировали законом Вейбулла с тремя параметрами.

При сравнении минимальных значений совокупности Хс и выборок Хкч, а также сдвигов совокупности конечного объема Сс и совокупности крайних членов выборок С минимальные ошибки находятся в интервале 0,1-0,9% (среднее значение ошибки δср=0,387%).

Анализ соотношения сдвигов для крайних членов выборок и совокупности конечного объема параметров надежности машин и деталей показал, что при Сс=С средняя относительная ошибка δср=0,387%, что обеспечивает достаточно корректное определение Сс через С.

С учетом принципа соответствия скорректирован алгоритм расчета параметров Ас, Вс, Сс распределения Вейбулла для совокупности (рисунок 3)

В алгоритме вариационные ряды выборочных исходных данных аппроксимировались законом Вейбулла с тремя параметрами. Затем определялись аналитическим путем параметры з В3 для крайних членов выборок.

По принципу соответствия выборки и совокупности конечного объема (репрезентативности выборки) ожидается близкая форма кривой распределения совокупности к форме выборки и поэтому близкие значения параметров формы b и Вс и мод аппроксимирующих кривых выборок и совокупности.

Моделирование, выполненное с помощью ЭВМ (компьютерный эксперимент) путем получения выборок из совокупности, показало, что значения параметров формы b и Вс отличаются на 0,012- 0,440 % , т.е. несущественно.

Найден параметр масштаба распределения для совокупности.

В результате получены параметры совокупности.

Выполнен расчет параметров для симметричной выборки (Ас=31,824; Вс=3,720; Сс= 116,000) и для асимметричной (Ас=2,6, Вс=1,87, Сс=50,3). Построен график плотностей распределения выборочных данных и совокупности, из которого видно, что расхождения мод весьма малы.

Исходя из всего изложенного, можно сделать вывод, что новый аналитический метод подходит как для симметричной выборки, так и для асимметричной.

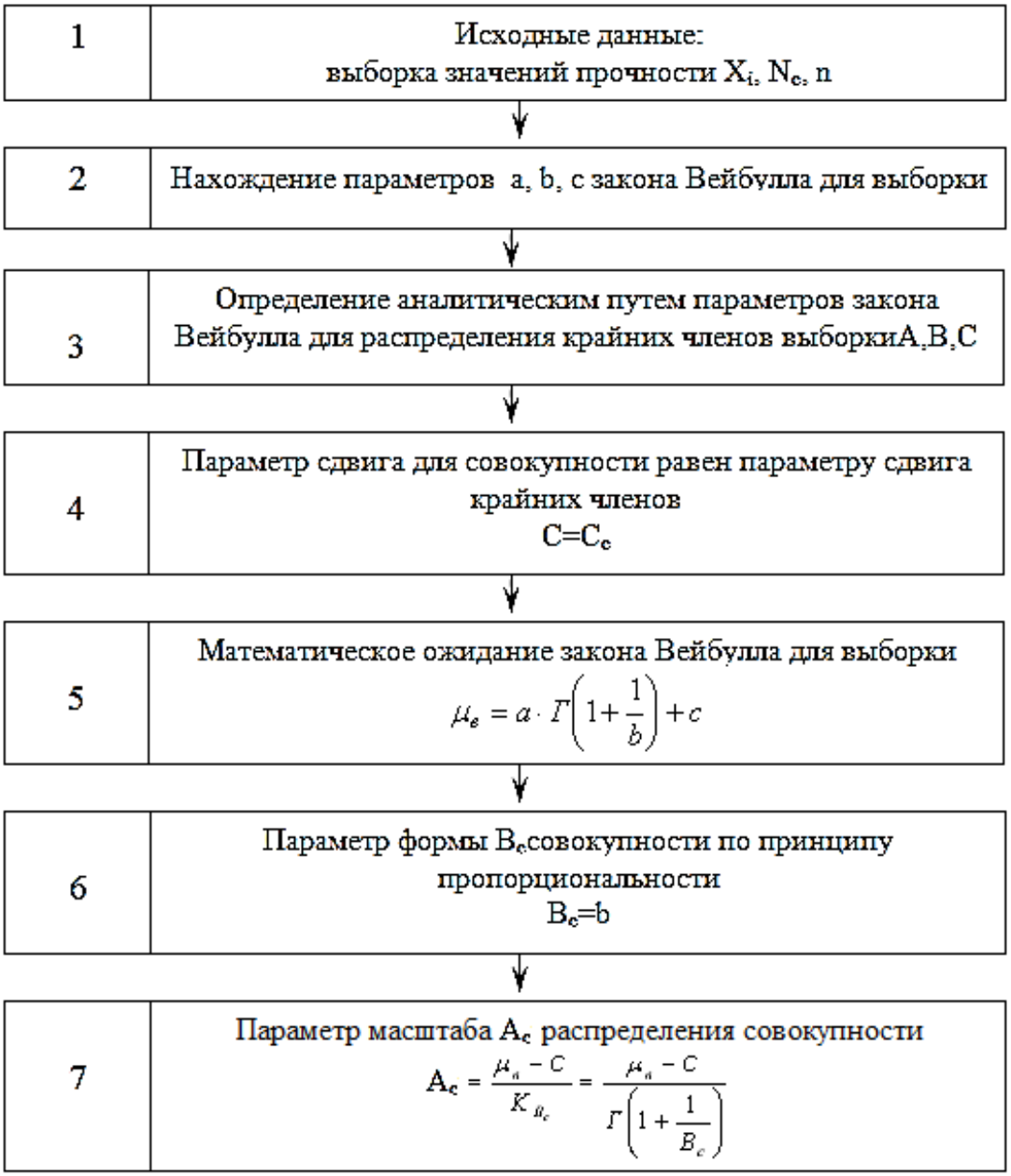


Рис. 3. Алгоритм расчета распределения Вейбулла по выборочным исходным данным для параметров совокупности

В данном алгоритме в формуле Веллера-Серенсена-Кагаева представляется произведение коэффициентов по факторам, влияющим на предел выносливости образца (рисунок 4). Этот коэффициент показывает расхождение между экстремальными значениями факторов по выборке и совокупности.

Далее проводится проверка адекватности аналитического метода перехода выборка – совокупность. Выполненный эксперимент показал, что ошибки между исходной выборкой и выборками, полученными из совокупности, посчитанной по исходной выборке, являются несущественными (0,014 – 1,034 %).

Построены графики плотностей распределения исходной выборки и выборок, полученных из совокупности, найденной по исходной выборке (рисунки 5, 6, 7).

Произведено сравнение параметров сдвига и минимальных значений выборок исходной и полученных в результате моделирования (таблицы 1, 2, 3).



Рис. 4. Алгоритм определения упрощенного расхождения между минимальными ресурсами по выборке и совокупности

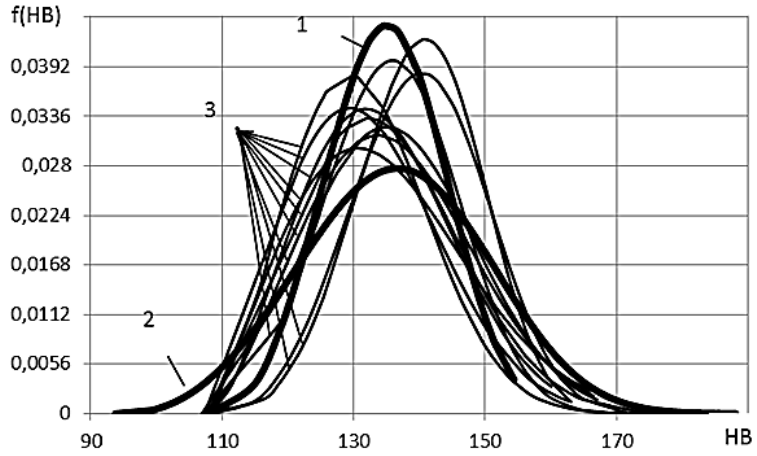


Рис. 5. Плотности распределения твердости HB стали:

1 – выборочные исходные данные; 2 – данные совокупности;
3 – данные, полученные путем извлечения выборок из совокупности (2)

Таблица 1

Ошибки по твердости HB стали между минимальными значениями исходной выборки и выборками, полученными в результате моделирования, а также между сдвигами этих выборок

№	δX1,%	δC,%
1	0,974	0,093
2	0,443	0,314
3	0,117	0,463
4	0,642	0,611
5	0,302	0,571
6	0,284	0,676
7	0,925	0,314
8	0,302	0,065
9	0,393	0,580
10	0,018	0,991

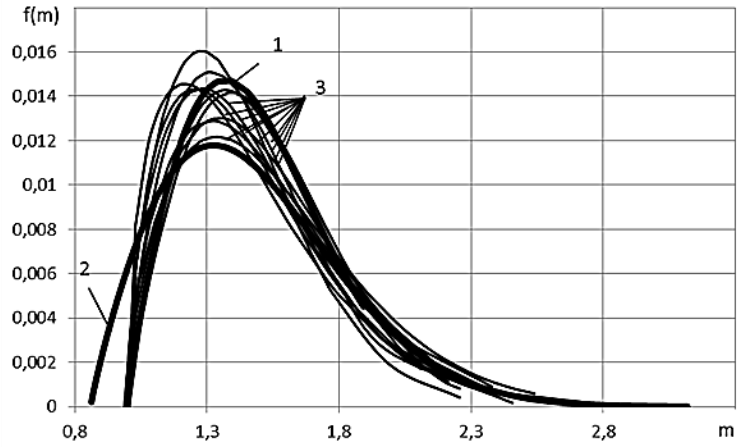


Рис. 6. Плотности распределения остаточного напряжения от сварки (m):

1 – выборочные исходные данные; 2 – данные совокупности;
3 – данные, полученные путем извлечения выборок из совокупности (2)

Таблица 2

Ошибки по остаточному напряжению от сварки (m) между минимальными значениями исходной выборки и выборками, полученными в результате моделирования, а также между сдвигами этих выборок

№	δX1,%	δC,%
1	0,589	1,014
2	0,269	0,802
3	0,533	0,842
4	0,598	1,014
5	0,365	1,014
6	0,647	0,427
7	0,173	0,083
8	0,647	0,399
9	0,984	0,498
10	0,405	0,815

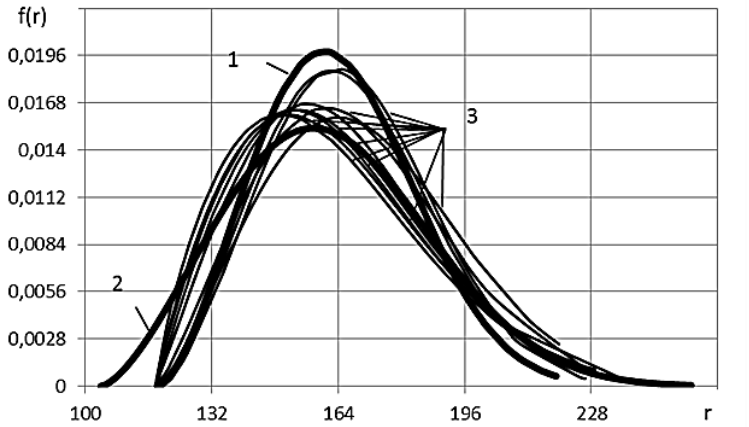


Рис.7. Плотности распределения концентрации напряжений (r):

1 – выборочные исходные данные; 2 – данные совокупности;
3 – данные, полученные путем извлечения выборок из совокупности (2)

Таблица 3

Ошибки по концентрации напряжений (r) между минимальными значениями исходной выборки и выборками, полученными в результате моделирования, а также между сдвигами этих выборок

№	δX1,%	δC,%
1	0,209	0,261
2	0,451	0,916
3	0,453	0,748
4	0,733	0,714
5	0,576	1,034
6	0,124	1,025
7	0,533	0,387
8	0,451	0,076
9	0,748	1,034
10	0,453	0,176

Таким образом, выполненный эксперимент показал, что ошибки между исходной выборкой и выборками, полученными из совокупности, посчитанной по исходной выборке, являются несущественными (0,014 – 1,034%).

Оптимизация ВБР для усталостного гамма-процентного ресурса стрелы как базовой детали одноковшового экскаватора является важной технико-экономической задачей.

Оптимальное значение ВБР может быть получено в результате рассмотрения различных вариантов изготовления стрелы экскаватора.

В качестве возможных вариантов, связанных с изменением прочностных характеристик и действующего напряжения в опасном сечении стрелы, предлагается:

– увеличение толщины стенки стрелы (с 8 до 14 мм).

– изменение марки стали (со Ст3 на 09Г2С).

В связи с этим рассмотрены варианты изготовления детали (таблица 4).

Таблица 4

Возможные варианты изготовления стрелы одноковшового экскаватора

Вариант	Марка стали	Толщина стенки, мм	Увеличение сечения
1	Ст.3	10	+
2	Ст.3	12	+
3	Ст.3	14	+
4	09Г2С	8	-

Для разных вариантов изготовления стрелы одноковшового экскаватора рассчитана величина удельных затрат, выраженных в отношении суммарных затрат на изготовление стрелы и затрат, связанных с эксплуатацией машин, к объему разработанного одноковшовым экскаватором грунта.

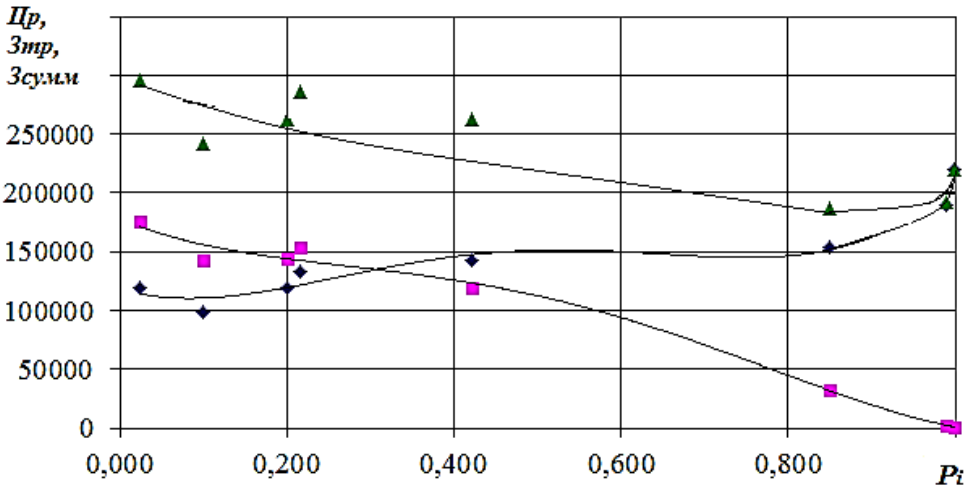


Рис. 8. Оптимизация ВБР за ресурс стрелы 20 тыс. часов (зависимости цены стрелы Цсі, затрат, связанных с устранением отказов Зрі, и суммарных затрат Зсумі)

Выводы

Таким образом, при вероятности безотказной работы P=0,999 за 20 тыс. часов, оптимальным вариантом является конструкция из стали 09Г2С с толщиной стенки 8 мм.

Таким образом, на основании проведенных расчетов прогнозируем, что вероятность безотказной работы стрелы с увеличенным гамма-процентным ресурсом составит 0,93, что соответствует ресурсу Tpі =19500 ч. При этом гамма-процентный ресурс для серийной стрелы Tpі =542 ч оказался меньше в 35,9 раза.

Следовательно, годовой экономический эффект для стрелы с увеличенным гамма-процентным ресурсом равен 411379 руб. на годовой объем выпуска экскаваторов в количестве 500 единиц.

Список литературы

1. Биргер И.А. Вероятность разрушения, запасы прочности и диагностика. – М.: Судостроение, 1970.

2. ГОСТ 25-502-83. Надежность в технике. Прогнозирование надежности изделий при проектировании.

3. ГОСТ 11.006-74. Правила проверки согласия опытного распределения с теоретическим.

4. Зайцева М.М., Котесова А.А., Котесов А.А. Анализ вариантов изготовления стрелы одноковшового экскаватора. Деп. ВИНИТИ. 07.04.2011 №164-В2011.

5. Касьянов В.Е., Котесова А.А., Котова С.В., Калабухов А.А., Ляшенко А.С., Климович А.Л. Анализ соотношения сдвигов для крайних членов выборок и генеральной совокупности конечного объема параметров надежности машин и деталей //ИВД 2012. №1.

6. Касьянов В.Е., Котесова А.А., Теплякова С.В. Упрощенное определение ресурса совокупности по выборочным данным для стрелы одноковшового экскаватора //ИВД 2013. № 2.

7. Котесова А.А. Уточненное определение ресурса совокупности по выборочным данным для стрелы одноковшового экскаватора //ИВД. 2013. № 2.

Котесова А.А. Збільшення та оптимізація ймовірності безвідмовної роботи деталі.

Анотація. *Пропонується розрахунок гамма-процентного втомного ресурсу деталі одноківшевого екскаватора з різними варіантами виготовлення деталі. Виконано оптимізацію втомного гамма-процентного ресурсу деталі одноківшевого екскаватора і розраховано економічний ефект. Виявлено, що ймовірність безвідмовної роботи стріли зі збільшеним гамма-процентним ресурсом складе 0,93, що відповідає ресурсу Tpi = 19500 ч. При цьому гамма-процентний ресурс для серійної стріли виявився менше в 35,9 рази.*

Ключові слова*: надійність, ресурс, оптимізація, генеральна сукупність, вибірка, економічний ефект.*

Kotesova A.A. Increase and optimize the probability of failure-free operation details.

Abstract. *Proposed settlement gamma percentage fatigue life part shovel with different variants of manufacturing parts. Optimization of fatigue gamma-percent life details shovel and intended economic effect. Revealing that the probability of failure of the boom with increased gamma-percent life will be 0.93, which corresponds to a resource TPI = 19500 h. In this case the gamma-percent share for serial boom was less than 35.9 times.*

Keywords*: reliability, resource optimization, general population sample, the economic effect.*

Стаття надійшла до редакції 27.02.2015 р.

УДК 629.113

ТЕПЛЯКОВА С.В., ассистент
Ростовский государственный строительный университет

АНАЛИЗ ПРИНЦИПОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ АБСОЛЮТНОЙ БЕЗОТКАЗНОСТИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Надежность является одним из основных признаков качества. Сформулированы принципы создания практически безотказных машин. Рассмотрен графический метод применения генеральной совокупности конечного объема вместо выборочной информации в расчетах усталостного ресурса деталей машин.
Ключевые слова: *надежность, ресурс, безотказность, генеральная совокупность, выборка, деталь.*

Постановка проблемы

Важнейшей задачей в любом хозяйстве является организация технического обслуживания и текущего ремонта автомобилей. Но при этом проблема создания машины без отказов занимала умы многих исследователей на протяжении многих лет. Создаваемые и эксплуатируемые в разных отраслях промышленности в первой половине XX в. первоначально в небольших объемах выпуска машины (узлы и детали) довольно часто отказывали и требовали соответственно тех или иных затрат на ремонт. Кроме того, машины того периода характеризовались довольно большим объемом технического обслуживания.

К концу XX в. машины уже выпускались мировыми производителями сотнями тысяч и миллионами штук в год. При таких объемах производства машин затраты на ремонт по отдельным видам достигали 30-40% и более от стоимости новых машин. Из-за этого эффективность эксплуатации машин в СССР с плановой экономикой при отсутствии конкурентного поля существенно снизилась.

Данное положение вызвало необходимость проведения интенсивных научных исследований для создания машин без отказов на фоне исторически сложившейся системы (в указанный выше период): «если машина работает, то она обязательно ломается и требует ремонта».

Целью проведенной работы является обеспечение абсолютной безотказности деталей машин с помощью: увеличения оптимального ресурса на 15-30%, т.е. получение $Тр_{опт}>Тр_{зад}$ с запасом; увеличения значения γ=99-99,999% до величины γ=100% для заданного ресурса, обеспечивая ноль отказов.

Предлагается разработать методику обеспечения абсолютной безотказности деталей машин с помощью перехода от выборочных исходных данных к численным значениям параметров генеральной совокупности конечного объема.

Цель статьи

Надежность является одним из основных признаков качества. Надежной машиной считается та машина, фактический ресурс которой выше заданного. То есть, если рассматривать машину как систему, то ресурс каждого элемента (детали) должен быть выше заданного.

Надежность системы и ее элементов обусловливается безотказностью, ремонтопригодностью и долговечностью. Безотказность является одним из главных определяющих свойств надежности

Основной раздел

Создание абсолютно безотказных машин меняет устоявшиеся представления о необходимости прежних объемов ремонта, технического обслуживания, диагностики, ремонтных предприятий, складов запасных частей. В итоге удельные затраты на единицу продукции станут существенно ниже.

Одним из возможных способов расчета функции распределения ресурса и гамма-процентного ресурса деталей машин является метод статистических испытаний (метод Монте-Карло). Создателями этого метода считают американских математиков Дж. Неймана и С. Улама.

Сущность метода состоит в том, что по заданному закону распределения генерируются случайные значения параметров, входящих в выбранную модель расчета. Поэтому результат каждого отдельного испытания также носит случайный характер. По полученным данным вычисляют случайное значение ресурса. Данная последовательность повторяется n раз, в результате серии испытаний образуется выборка значений наблюдаемой величины, например, ресурса. Полученные статистические данные обрабатываются и представляются в виде численных оценок интересующих исследователя величин. Последующая статистическая обработка полученной выборки позволяет определить функцию распределения и гамма-процентный ресурс детали (рис. 1).

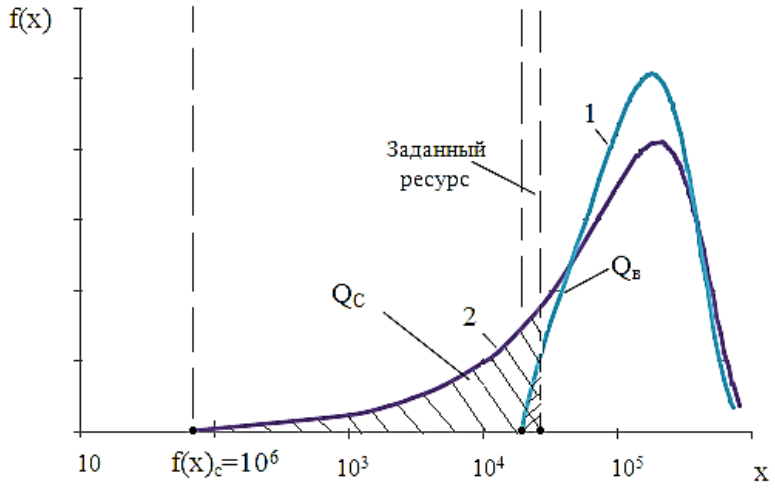


Рис. 1 Вероятность отказа для выборки и генеральной совокупности конечного объема трехпараметрического закона Вейбулла

То есть, можно сделать вывод, что метод Монте-Карло применяется:

1) при присутствии многих взаимодействующих случайных факторов для моделирования сложных, комплексных операций;

2) при проверке применимости и более простых, аналитических методов и выяснении условий их применимости;

3) в целях выработки поправок к аналитическим формулам типа «эмпирических формул» в технике.

Многие годы для экспериментального определения действующих напряжений в опасном сечении детали использовали метод тензометрирования. Тензометрирование получило широкое распространение и является одним из основных натурных методов исследования напряженного и деформированного состояния при изучении поведения экспериментальных объектов в период эксплуатационных работ и контроля поведения опытных образцов на моделях на стадии проектирования. Так как для статистической обработки информации необходимо иметь выборочный

ряд значений измерений, проведенных не на одной детали машины, приходилось искать другие пути решения поставленной задачи.

Следовательно, в виду сложности, трудоемкости и длительности проведения экспериментальных тензометрических исследований, возникла необходимость использовать расчетные методы и специальные компьютерные программы.

Усталостная прочность в виде предела выносливости, как и переменная нагруженность, влияет на ресурс деталей. Это влияние оказывается существенным, так как имеет место степенная связь между этой прочностью, нагруженностью и ресурсом с m = 3-10.

С точки зрения обеспечения абсолютной безотказности детали, необходимо добиться того, чтоб все детали машины имели ресурс, равный заданному. Если ресурс детали будет меньше или больше заданного, это приведет либо к преждевременным отказам и ущербу от ремонта и простоя техники, либо к существенному удорожанию, что с экономической точки зрения невыгодно.

Поэтому важной задачей является оптимизация ресурса детали и определение минимального значения прочности стали и детали в целом.

Расчет усталостной прочности деталей машин часто проводят на основе вероятностных представлений с учетом закона распределения действующих нагрузок и закона распределения циклической прочности деталей машин.

Практически всегда объем экспериментальной выборки меньше объема совокупности эксплуатируемых деталей, при этом выборка не в полной мере может описать свойства всей совокупности. Поэтому необходимо найти способы перехода от выборочной минимальной прочности к прочности для совокупности конечного объема деталей. Существует ряд аналитических методов перехода от выборочных параметров к параметрам совокупности.

Наиболее простой способ расчета прочности – это использование корреляционной зависимости между твердостью, пределом выносливости и пределом прочности, так как измерение твердости имеет высокую производительность и является довольно простой задачей как на образцах с небольшими размерами, так и на натурных деталях.

Проведенный анализ существующих моделей определения и обеспечения гамма-процентного ресурса деталей показал, что данные модели требуют большего объема технико-экономической информации, основанной на испытаниях (наблюдениях) за серийными машинами или их опытной партией на стадии эксплуатации. Существующие модели позволяют только оценивать, а не оптимизировать ресурс машины и отдельных деталей на стадиях проектирования (рис.2).

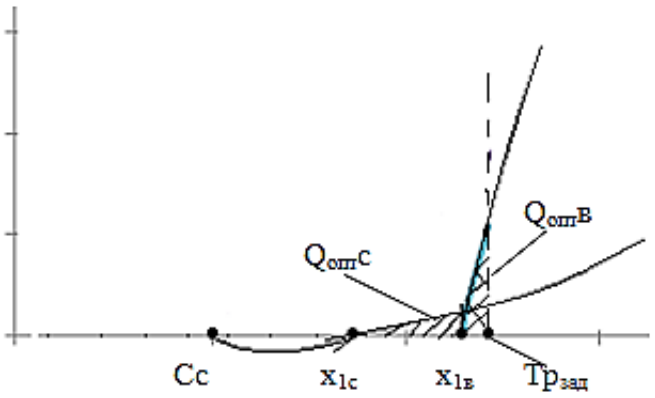


Рис. 2 Оптимальные вероятности отказа выборки и совокупности

Эта модель обеспечивает возможность получения абсолютной безотказности деталей в течение заданного усталостного ресурса. Эта возможность появляется при использовании вероят-

ностного закона, в частности закона Вейбулла с тремя параметрами, позволяющего иметь ограничения в левой ветви распределения для предела выносливости и ресурса и в правой ветви для действующего напряжения.

Кроме того, гарантией обеспечения абсолютной безотказности является применение вместо выборочных данных численных значений для получения закона Вейбулла с тремя параметрами для генеральной совокупности конечного объема параметров, связанных с ресурсом детали.

На основании сделанных выводов сформулированы основные требования к разрабатываемой модели обеспечения заданного ресурса:

– обеспечивать абсолютную безотказность на протяжении заданного ресурса;

– уменьшить объем необходимой информации;

– учитывать технические данные о нагруженности и несущей способности отдельных деталей;

– обеспечить возможность расчета и оптимизации гамма-процентного значения ресурса деталей.

Для обеспечения вероятности безотказной работы сформулированы принципы создания практически безотказных машин:

– изменение надёжности машины влечёт изменение затрат на её разработку и (или) производство и (или) эксплуатацию;

– практически безотказный ресурс машины должен быть оптимальным;

– минимальный ресурс каждой детали должен быть больше заданного (оптимального) ресурса машины;

– допускаются плановые замены некоторых деталей;

– для деталей возможны редкие случайные отказы, причины которых установить невозможно;

– для плановых замен выпускать запасные части, для устранения случайных отказов иметь запас деталей;

– для основных параметров деталей назначаются допуски, обеспечивающие приемлемое рассеивание их ресурса;

– для случайных величин (прочность, нагруженность, наработка), ограниченных сверху и (или) снизу, применять для аппроксимации теоретические законы с аналогичными ограничениями (пределами);

– контроль в производстве обеспечивает заданное рассеивание несущей способности детали;

– конструкция, технические параметры и условия эксплуатации обеспечивают заданное рассеивание нагруженности;

– техническое обслуживание (смазка, регулировка, диагностирование и т.п.) машины поддерживают заданный уровень её надёжности.

Если условия испытания опытных машин (узлов, деталей) соответствуют не всей гамме эксплуатационных условий, то необходимо дополнительно получить информацию о надёжности серийных машин.

Таким образом, в результате создания практически безотказных машин:

– на стадии разработки:

● снимаются вопросы обеспечения ремонтопригодности (блочность, доступность, легкосъемность);

● теряет смысл критерий распределения надежности машины между ее составными частями – затраты от одного отказа элемента. Следует распределять надежность машины между ее составными частями равномерно (исключение составят базовые и ответственные детали);

● сокращается встроенная система диагностирования.

– на стадии эксплуатации:

● значительно сокращаются, а затем ликвидируются: ремонтная база (заводы, мастерские), ремонтный персонал, мощности по выпуску запасных частей, потребность в материалах для запасных частей, территориальные склады для запасных частей;

● сокращается потребность в транспорте;

● исчезает необходимость иметь присоединительную систему диагностирования.

Составной частью машины является деталь, таким образом, для обеспечения абсолютной безотказности машины, необходимо чтобы безотказными были и детали.

Выводы

Проведены анализы существующих методов обеспечения абсолютной безотказности деталей в течение заданного усталостного ресурса, расчета функции распределения ресурса методом статистических испытаний и методов определения параметров нагруженности и прочности деталей машин

Разработана модель обеспечения абсолютной безотказности деталей машин в течение заданного усталостного ресурса с помощью графического метода перехода от выборочных исходных данных с объемом выборки n=10-100 (прочности, нагруженности и ресурса) к параметрам генеральной совокупности конечного объема $N=10^3$-10^6, который позволяет оптимизировать усталостный гамма-процентный ресурс по удельным суммарным затратам.

Осуществлен анализ результатов замены генеральной совокупностью конечного объема выборочных данных, влияния относительных размахов, расхождения между минимальными значениями совокупностей и выборок и относительных ошибок

Список литературы

1. Беленький Д.М., Касьянов В.Е. Повышение надежности серийных машин путем увеличения ресурса лимитирующих деталей // Вестник машиностроения. 1980. – №1. С.12-14.

2. Бондарович Б.А., Даугелло В.А. Метод статистического моделирования Монте-Карло при расчетах металлических конструкций землеройных машин на прочность //Строительные и дорожные машины. 1990. – № 12. – С. 20-21.

3. ГОСТ 25-502-83. Надежность в технике. Прогнозирование надежности изделий при проектировании.

4. Касьянов В.Е., Зайцева М.М., Котесова А.А., Котесов А.А. Оценка параметров распределения Вейбулла для совокупности конечного объема. Деп. ВИНИТИ № 21-В2012 от 24.01.12

5. Касьянов В.Е., Котесова А.А., Теплякова С.В. Упрощенное определение ресурса совокупности по выборочным данным для стрелы одноковшового экскаватора // ИВД 2013. № 2.

6. Касьянов В.Е., Роговенко Т.Н., Топилин И.В. Определение корреляционной зависимости параметров функции распределения генеральной совокупности конечного объема деталей и выборочных распределений. Деп. В ИНИТИ № 3038 – В 99, 11.10.99.

Теплякова С.В. Аналіз принципів забезпечення абсолютної безвідмовності деталей машин.

Анотація *Надійність є однією з основних ознак якості. Сформульовано принципи створення практично безвідмовних машин. Розглянуто графічний метод застосування генеральної сукупності кінцевого об'єму замість вибіркової інформації в розрахунках втомного ресурсу деталей машин.*

Ключові слова*: надійність, ресурс, безвідмовність, генеральна сукупність, вибірка, деталь.*

Teplyakova S.V. Analysis of the principles of absolute reliability of machine parts.

Abstract. *Reliability is one of the main features of quality. The principles of creating virtually infallible machines. Considered a graphical method of application of the general population sample rather than a final volume of information in calculating fatigue life of machine parts.*

Keywords*: reliability, service life, reliability, general population, sample detail.*

Стаття надійшла до редакції 27.03.2015 р.

АВТОРИ НОМЕРА

Александров Валерій Дмитрійович – Донбаська національна академія будівництва та архитектури
Веремеєнко Олена Генадіївна – Ростовський державний будівельний університет
Грабельніков Володимир Анатолійович – Донецька академія автомобільного транспорту
Домбалян Анжеліка Ваганівна – Ростовський державний будівельний університет
Колесникова Олена Андріївна – Ростовський державний будівельний університет
Марченкова Юлія Олександрівна – Донбаська національна академія будівництва та архитектури
Котесова Анастасія Олександрівна – Ростовський державний будівельний університет
Теплякова Светлана Вікторовна – Ростовський державний будівельний університет
Прилепський Юрій Валентинович – Донецький інститут залізничного транспорту УкрДАЗТ
Соболев Олександр Юрійович – Донбаська національна академія будівництва та архитектури
Соболь Оксана Вікторівна – Донбаська національна академія будівництва та архитектури
Тодоров Максим Андреевич – Донецька академія автомобільного транспорту
Шурко Генадій Костянтинович – Донецький національний університет
Шурко Ірина Леонідівна – Донецький національний університет

ПРАВИЛА ПОДАННЯ ТА ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ

Для публікування в журналі «Вісник Донецької академії автомобільного транспорту» приймаються неопубліковані раніше наукові статті в галузях: транспорту і двигунів внутрішнього згоряння; проектування, будівництва та експлуатації автомобільних доріг; надійності й довговічності механізмів і машин; транспортних технологій.

У журналі друкуються статті українською, російською (змішаними) мовами.

Для публікації наукової статті в редакцію необхідно представити наступні документи:

– текст статті у 2-х форматах;

– назву статті, анотацію та ключові слова українською, російською та англійською мовами;

– експертний висновок про можливість відкритого публікування;

– завірену рецензію доктора наук або члена редакційної колегії;

– відомості про автора (-ів) (прізвище, ім'я та по батькові повністю, науковий ступінь, вчене звання, посада, місце та адреса роботи для кожного автора)

– інформація для зв'язку: e-mail, службовий або домашній телефони, поштова адреса (для відправлення авторського екземпляру журналу) одного з авторів.

Вимоги до рукописів

Стаття подається у 2-х варіантах: у форматі WordforWindows – **.doc** (або **.docx**); та у форматі **.pdf** (сканований документ з нумерацією сторінок та підписом автора).

Обсяг наукової статті 5–10 сторінок тексту, які включають таблиці, ілюстрації (4 рисунки дорівнюються 1 сторінці), перелік літератури. Обзорні статті – до 12 сторінок.

Параметри сторінки: розмір – А4 (210 х 297мм); орієнтація – книжкова; поля: верхнє – 15мм, нижнє – 25мм, ліве – 25мм, праве –15мм.

Весь текст повинен бути набраний стилем «Звичайний» (Normal), тип шрифта – TimesNewRoman.

Структура статті

Код УДК (універсальний десятинний класифікатор)	Шрифт: 12пт, напівжирний курсив Абзац: вирівнювання – по лівому краю, міжрядковий інтервал – одинарний
Пустий рядок	Шрифт: 12пт, Абзац: міжрядковий інтервал – одинарний
Прізвище (-ща) та ініціали автора (-ів), науковий ступінь, вчене звання Повна назва організації	Шрифт: 11пт, напівжирний курсив Абзац: вирівнювання – по центру сторінки, міжрядковий інтервал – одинарний
Пустий рядок	
НАЗВА СТАТТІ	Шрифт: 14пт, напівжирний,всі букви строчні Абзац: вирівнювання – по центру сторінки, міжрядковий інтервал – одинарний
Пустий рядок	
Анотація мовою оригіналу статті(не більш 80 слів, ширина рядка 130 мм) *Ключові слова:*	Шрифт: 11пт, курсив Абзац: вирівнювання – по центру сторінки, міжрядковий інтервал – одинарний, відступ ліворуч – 20мм, та праворуч – 20мм.
Пустий рядок	
Основний текст статті Текст рукопису повинен містити такі розділи, як:	Шрифт: 12пт, звичайний Абзац: вирівнювання – по ширині сторінки, міжрядковий інтервал – множитель 1,1пт, відступ першо-

Постановка проблеми де відображається історія предмету дослідження, актуальність та сучасний стан проблеми; **Аналіз останніх досліджень** на які спирається автор, виділення невирішених раніше аспектів загальної проблеми, яким присвячується означена стаття; **Мета статті** (постановка задачі); **Основний розділ** (можливі підрозділи); **Висновки** де стисло та чітко підсумовуються основні результати, що були одержані автором (-ами).	го рядка – 7,5мм. Назви розділів напівжирним шрифтом без крапки наприкінці. Таблиці повинні мати тематичні назви та порядкові номера (без знаку №), на які даються посилання у тексті. Рисунки та графіки повинні бути пронумеровані в порядку посилання у тексті. Кожний рисунок розміщується в окремому файлі (формати **.bmp, .jpg, .tiff**). Кольорові та фонові рисунки не приймаються. Перелік рисунків з номерами та підписами рисунків пишуться в окремому документі. Усі формули повинні бути набрані у редакторі формул MicrosoftEquation 2.0, 3.0 (MathType). При виборі одиниць виміру слід дотримуватись системи СІ. Ціла частина числа від десятичної відділяється комою. Нумерація формул дається арабськими цифрами в круглих дужках праворуч. Посилання на джерела беруться у квадратні дужки.
Пустий рядок	
Список літератури **1. який виконується згідно ДСТУ ГОСТ 7.1:2006 «Система стандартів з інформації, бібліотечної та видавничої справи. Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання» та в порядку посилання.**	Назва розділа – шрифт: 12пт, напівжирний. Текст списка: Шрифт: 11пт, курсив; Абзац: вирівнювання – по ширині сторінки, міжрядковий інтервал – одинарний, відступ першого рядка – 7,5мм.
Пустий рядок	
Ф.И.О. авторов. Название статьи на альтернативном языке (П.І.Б. авторів. Назва статті на альтернативній мові) ***Анотация (Анотація).*** *Анотація на альтернативній мові (російська, якщо стаття на українській мові; або українська, якщо стаття на російській мові.* ***Ключевые слова (Ключові слова):*** *на альтернативній мові*	Шрифт: 12пт, курсив Абзац: вирівнювання –по ширині сторінки, міжрядковий інтервал – одинарний, відступ першого рядка – 7,5мм
Пустий рядок	
П.І.Б. авторів. Назва статті на англійській мові ***Abstract.*** *Переклад анотації на англійську мову.* ***Keywords:*** *Переклад ключових слів на англійську мову*	Шрифт: 12пт, курсив Абзац: вирівнювання –по ширині сторінки, міжрядковий інтервал – одинарний, відступ першого рядка – 7,5мм

Статті, що не відповідають вимогам, повертаються авторам для доопрацювання.

Після прийняття редколегією рішення про допуск статті до публікації відповідальний секретар інформує про це автора й указує строки публікації, розмір плати за публікацію статті та банківські реквізити Академії.

ПОРЯДОК РЕЦЕНЗУВАННЯ СТАТЕЙ

1. Наукові статті, що надійшли до редакції, проходять через інститут рецензування.

2. Форми рецензування статей:

– зовнішня (рецензування рукописів статей доктором або кандидатом наук, який є провідним спеціалістом у відповідній галузі науки);

– внутрішня (рецензування рукописів статей членами редакційної колегії).

3. У зовнішній рецензії повинні бути висвітлені наступні питання:

– чи відповідає зміст статті заявленій в назві темі;

– наскільки стаття відповідає сучасним досягненням у зазначеній галузі;

– чи доступна стаття читачам, на яких вона розрахована, з погляду мови, стилю, розташування матеріалу, наочності таблиць, діаграм, малюнків та ін.;

– чи доцільна публікація статті з урахуванням раніше випущеної по даному питанню літератури;

– у чому конкретно полягають позитивні сторони, а також недоліки статті, які виправлення й доповнення повинні бути внесені автором;

– висновок про можливість опублікування даного рукопису в журналі: «рекомендується», «рекомендується з урахуванням виправлення відзначених рецензентом недоліків» або «не рекомендується».

4. Зовнішня рецензії засвідчуються в порядку, установленому в установі, де працює рецензент. Рецензія повинна бути підписана рецензентом з розшифровкою посади, наукового ступеня і вченого звання.

5. Відповідальний секретар протягом 7 днів повідомляє авторів про одержання статті.

6. Відповідальний секретар визначає відповідність статті профілю журналу, вимогам до оформлення й направляє її на внутрішнє рецензування члену редакційної колегії, що має найбільш близьку до теми статті наукову спеціалізацію.

7. Строки рецензування в кожному окремому випадку визначаються відповідальним секретарем з урахуванням створення умов для максимально оперативної публікації статті.

8. Внутрішня рецензія виконується членами редакційної колегії журналу у відповідності з наказом ректора Академії від 11.10.2010р. №153-01 «Про затвердження Положення про порядок випуску наукового фахового видання Вісник Донецької академії автомобільного транспорту».

Рецензент коментує якість рукопису за такими пунктами, як:

– наукова новизна,

– обґрунтованість результатів,

– значимість результатів,

– ясність викладання,

– якість оформлення;

виставляє по кожному пункту параметричну оцінку від 0 до 5. В залежності від суми балів приймається рішення про доцільність публікації, про необхідність доопрацювання рукопису, або про недоцільність публікації.

Рецензія повинна бути підписана рецензентом з розшифровкою посади, наукового ступеня і вченого звання.

9. У випадку відхилення статті від публікації редакція направляє авторові мотивовану відмову.

10. Наявність позитивної рецензії не є достатньою підставою для публікації статті. Остаточне рішення про доцільність публікації ухвалюється вченою радою Академії.

11. Оригінали рецензій зберігаються в редакції наукового журналу «Вісник Донецької академії автомобільного транспорту».