

Секция 3

Альтернативные транспортные технологии сервиса

Алексейчук В.А.

студент 6 курса факультета
автомобильного транспорта
Волгоградского государственного
технического университета, РФ

Левин Ю.В.

канд. техн. наук, старший
преподаватель кафедры
теплотехники и гидравлики
Волгоградского государственного
технического университета, РФ

Федянов Е. А.

доктор технических наук,
профессор, заведующий кафедрой
теплотехники и гидравлики
Волгоградского государственного
технического университета, РФ

Захаров Е. А.

канд. техн. наук, доцент,
заведующий кафедрой технической
эксплуатации и ремонта
автомобилей Волгоградского
государственного технического
университета, РФ

Alekseichuk V.A.

6th year student of the Automobile
Transport Faculty, Volgograd State
Technical University, Russian Federation

Levin Y.V.

Ph.D., lecturer of heat engineering
and hydraulics department,
Volgograd State Technical University,
Russian Federation

Fedyanov E. A.

Dr. Sc., professor,
head of heat engineering and hydraulics
department, Volgograd State Technical
University, Russian Federation

Zakharov E.A.

Ph.D., assistant professor, head of
technical maintenance and repair of
vehicles engineering and hydraulics
department, Volgograd State Technical
University, Russian Federation

**СНИЖЕНИЕ РАСХОДА ОСНОВНОГО ТОПЛИВА В РОТОРНО-
ПОРШНЕВОМ ДВИГАТЕЛЕ ВАНКЕЛЯ ЗА СЧЕТ ДОБАВОК
СВОБОДНОГО ВОДОРОДА**

**REDUCING THE CONSUMPTION OF THE MAIN FUEL IN THE ROTARY-
PISTON ENGINE WANKEL DUE TO THE ADDITION OF FREE HYDROGEN**

Ключевые слова: роторно-поршневой двигатель Ванкеля, водород, расход топлива.
Keywords: rotary-piston Wankel engine, hydrogen, fuel consumption.

В статье рассматриваются результаты экспериментальных исследований работы роторно-поршневого двигателя Ванкеля ВАЗ-311 с добавками свободного водорода на режиме холостого хода и осредненном режиме городского ездового цикла. Полученные результаты свидетельствуют об улучшении топливной экономичности двигателя Ванкеля.

The results of the experimental research workflow rotary-piston engine Wankel VAZ-311 with the addition of free hydrogen at idle and averaged mode of urban driving cycle. The results show an improvement of fuel efficiency of the Wankel engine.

Роторно-поршневые двигатели (РПД) Ванкеля обладают большей удельной мощностью по сравнению с традиционными поршневыми двигателями внутреннего сгорания, что позволяет рассматривать данный тип двигателя в качестве силовой установки для легкомоторной беспилотной авиации [1, с. 16; 2, с. 445], маломерных судов [3, с. 8526] и наземных транспортных средств [4, с. 122; 5, с. 2; 6, с. 31]. Однако сдерживающими факторами использования РПД Ванкеля являются несколько больший расход топлива и повышенная концентрация несгоревших углеводородов (C_xH_y) в отработавших газах [7, с. 3; 8, с. 12 – 15]. Причиной указанных недостатков служит неполное сгорание топливовоздушной смеси в рабочей камере РПД. Уменьшить недогорание основной топливовоздушной смеси и, как следствие, расход основного топлива можно за счет использования добавок такого активного, с точки зрения горения, газа как водород [3, с. 8527; 9, с. 393; 10, с. 272].

Экспериментальные исследования по влиянию добавок свободного водорода на экономические показатели были проведены на односекционном РПД ВА3-311 с приведенным рабочим объемом 649 см^3 и степенью сжатия 9,3 [9, с. 394]. Номинальная мощность двигателя составляет 52 кВт при $n = 6000 \text{ мин}^{-1}$. Испытания проводились на режиме холостого хода и на осредненном режиме городского ездового цикла: $n = 2000 \text{ об/мин}$, $p_e = 0,2 \text{ МПа}$.

В качестве основного топлива использовался бензин марки АИ-92. Подача водорода осуществлялась через дополнительную форсунку во впускной коллектор РПД. Система фазированного впрыска топлива позволяет в широких пределах варьировать момент начала и длительность впрыска топлива [11, с. 49].

Влияние добавок свободного водорода к основному углеводородному топливу на топливную экономичность РПД на осредненном режиме городского ездового цикла оценивали в ходе экспериментальных исследований по значениям удельного эффективного расхода топлива и эффективного КПД двигателя (см. рис. 1). Обе указанные величины, как известно, однозначно связаны между собой.

При работе РПД с добавками водорода величину удельного расхода топ-

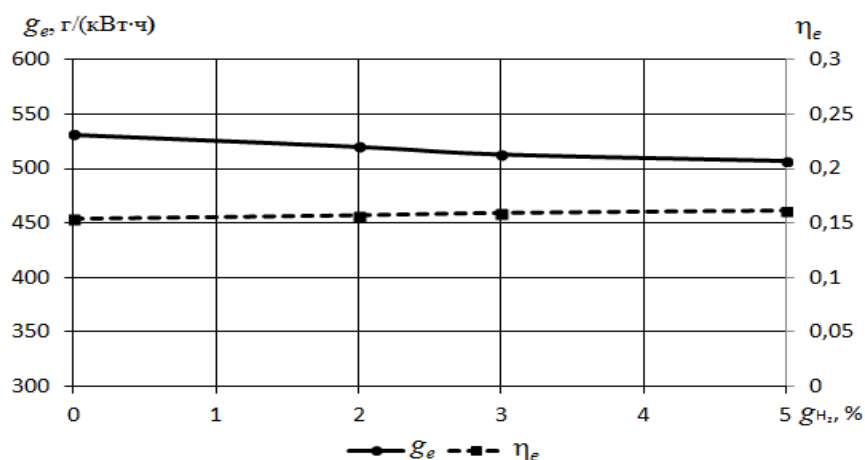


Рисунок 1 – Зависимость эффективных показателей от величины добавки водорода на осредненном режиме городского цикла

лива определяли с учетом величины добавки свободного водорода:

$$g_e = \frac{G_{\text{б}} + G_{\text{H}_2} \cdot H_{\text{уH}_2} / H_{\text{уб}}}{N_e}, \quad (1)$$

где $G_{\text{б}}$, G_{H_2} – соответственно массовые расходы бензина и водорода, кг/с;

$H_{\text{уб}}$, $H_{\text{уH}_2}$ – соответственно низшие теплоты сгорания бензина и водорода;

N_e – эффективная мощность двигателя.

Отметим, что в ходе испытаний на данном режиме длительности впрыскивания водорода и бензина подбиралась таким образом, чтобы в камеру РПД поступала топливовоздушная смесь стехиометрического состава.

Анализ результатов испытаний показал, что массовая добавка свободного водорода 5 % на данном режиме позволяет снизить удельный расход топлива на 4,2 %.

На рис 2 приведены результаты испытаний РПД при обеднении топливовоздушной смеси, проведенные на режиме, соответствующем осредненному режиму городского ездового цикла. Как видно из рисунка, с увеличением добавки водорода предел эффективного обеднения заметно смещается в сторону обеднения топливовоздушной смеси. Если без добавок водорода четко выраженный предел эффективного обеднения достигается уже при $\alpha = 1,1 \dots 1,12$, то при добавке 5% водорода этот предел равен примерно 1,25 и выражен уже не столь ярко, как без добавки водорода, что свидетельствует о положительном влиянии водорода на межцикловую стабильность процесса сгорания – доля «плохих» циклов при добавке водорода нарастает не так интенсивно, как при работе без этой добавки.

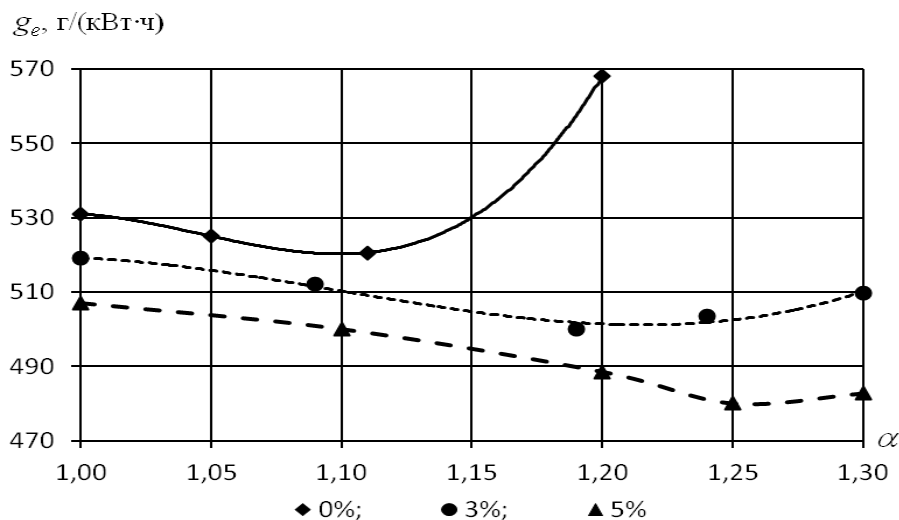


Рисунок 2 – Зависимость удельного расхода воздуха от коэффициента избытка воздуха с различными добавками водорода при $n=2000 \text{ мин}^{-1}$

Работа двигателя в режиме холостого хода может достигать до 35 % от общего времени эксплуатации транспортного средства. Влияние добавок свободного водорода к основному углеводородному топливу на топливную экономичность РПД на режиме холостого хода оценивалось в ходе экспериментальных исследований по величине массового расхода основного топлива. Состав бен-

заводородовоздушной смеси соответствовал стехиометрическому. Однако без добавок водорода двигатель работал на слегка обогащенной бензовоздушной смеси ($\alpha = 0,95$), так как при больших значениях коэффициента избытка воздуха устойчивость работы нарушалась.

Как видно из рис. 3, при работе двигателя на стехиометрической топливовоздушной смеси ($\alpha = 1$) добавка водорода 5% снижает массовый расход бензина на 10,5%, а при 8% добавке водорода – на 21%.

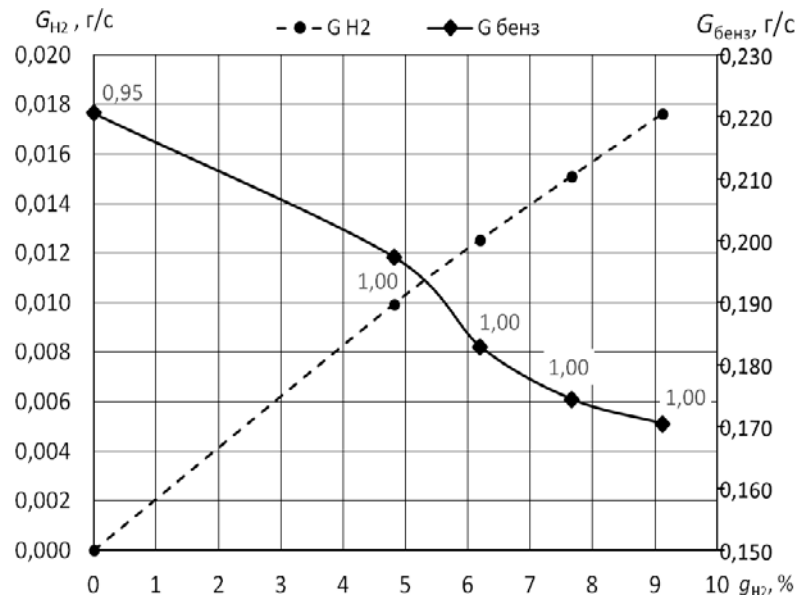


Рисунок 3 – Зависимость массовых расходов бензина и водорода от величины добавляемого водорода на холостом ходу

Проведенные эксперименты показали, что за счет добавок водорода РПД приобретает способность работать на режиме холостого хода даже при некотором обеднении топливовоздушной смеси. На рис. 4 представлены результаты

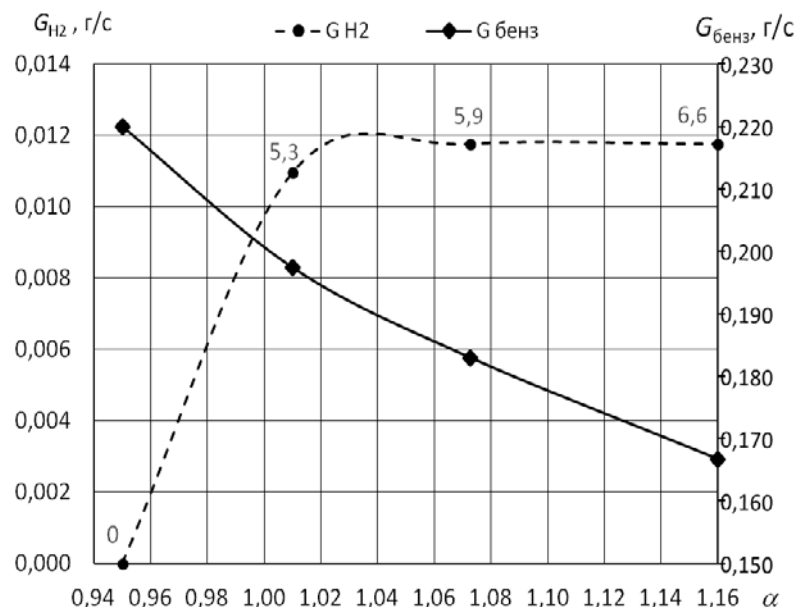


Рисунок 4 – Зависимость массовых расходов бензина и водорода от коэффициента избытка воздуха на холостом ходу

исследования изменения массовых расходов основного топлива и добавок водорода РПД, работавшего на режиме холостого хода. На графике рядом с экспериментальными точками указаны значения величины добавки водорода, при которых удавалось добиться устойчивой работы двигателя при соответствующем обеднении. Следует отметить, что обеднение при $\alpha > 1,02$ в рассматриваемых экспериментах достигалось лишь за счет уменьшения подачи бензина, в то время как абсолютное значение подачи водорода не менялось. Так, массовый расход бензина при обеднении топливовоздушной смеси до 1,16 и использовании массовой добавки водорода 6,6 % снизился на 24,2%.

Результаты исследования показали, что использование малых добавок свободного водорода положительно влияет на топливную экономичность роторно-поршневого двигателя Ванкеля. Уменьшение расхода основного топлива свидетельствует о том, что добавки свободного водорода способствуют повышению полноты сгорания топливовоздушной смеси в РПД.

Библиографический список

1. Браладзе, К.Э. Многотопливные РПД «WANKEL» AG / К.Э. Браладзе // Международный научный журнал «Воздушный транспорт». – 2013. – №1 (8). – С. 16-36.
2. Boretti, A. Modelling unmanned aerial vehicle jet ignition Wankel engines with CAE /CFD / A. Boretti // Advances in Aircraft and Spacecraft Science. – 2015. – №. 4. – P. 445 – 467 (Scopus).
3. Amrouche, F. An experimental investigation of hydrogen-enriched gasoline in a Wankel rotary engine / F. Amrouche, P. Erickson, J. Park, S. Varnhagen // International Journal of Hydrogen Energy. – 2014. – Т. 39 – p. 8525 – 8534 (Scopus).
4. Ribau, J. Analysis of four-stroke, Wankel, and microturbine based range extenders for electric vehicles / J. Ribau et al. // Energy Conversion and Management. – 2012. – Т. 58. – P. 120-133 (Scopus).
5. Development of hydrogen rotary engine vehicle / N. Wakayama et al. // 16th World Hydrogen Energy Conference (Lyon, France, 2006). – 2006.
6. Heller D. A. International Strategic Alliances and Technology Strategy: The Case of Rotary-Engine Development at Mazda. – 2005. – Т. 52. – С. 31-56.
7. Ohkubo M. Developed technologies of the new rotary engine (RENESIS) / M. Ohkubo et al. // SAE Technical Paper, 2004. – №. 2004-01-1790.
8. Злотин, Г. Н. Особенности рабочего процесса и пути повышения энергетической эффективности роторно-поршневых двигателей Ванкеля: монография / Г. Н. Злотин, Е. А. Федянов // ВолгГТУ. – Волгоград, 2010. – 119 с.
9. Влияние добавки водорода на экологические показатели роторно-поршневого двигателя Ванкеля / Ю.В. Левин, Е.А. Федянов, Е.А. Захаров, К.В. Приходьков // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. – 2015. Т. 2, № 2.- С. 392-396.
10. Effect of hydrogen addition on combustion and emissions performance of a gasoline rotary engine at part load and stoichiometric conditions / Ji C. et al. //Energy Conversion and Management. – 2016. – Т. 121. – С. 272-280. (Scopus).
11. Улучшение показателей роторно-поршневого двигателя Ванкеля за счёт фазированной подачи водорода / Е.А. Федянов, Ю.В. Левин, Е.А. Захаров, В.А. Алексейчук // Сборник тезисов докладов международной научно-технической конференции «Двигатель–2017». – Москва, 2017. – С. 49 – 50.

Веневцев А.И.

Студент 4 курса автомобильного факультета Воронежского государственного лесотехнического университета, РФ

Venevtsev A.I.

4th year student of Automotive Faculty, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

Шестакова В.В.

канд. техн. наук, доцент кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета, РФ

Shestacova V.V.

Ph.D., assistant professor of cars and service department, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ЭПОКСИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ И РЕМОНТЕ АВТОМОБИЛЕЙ

RECOMMENDATIONS ON APPLICATION OF EPOXY COMPOSITIONS FOR MAINTENANCE AND REPAIR OF VEHICLES

Ключевые слова: клеевые соединения, ремонт автомобилей.

Keywords: glued joints, car repairs.

Полимерные композиционные материалы позволяют не только заменить пайку, сварку или наплавку, но позволяют восстановить деталь, ремонт которой прежде считали невозможным. В статье предложены основные рекомендации по использованию клеевых соединений при ремонте автомобилей.

Polymer composite materials allow not only to replace soldering, welding or surfacing, but also to restore a part whose repair was previously considered impossible. The article suggests the main recommendations on the use of glued joints in the repair of cars.

Композиционные полимерные материалы обычно классифицируются по виду армированного наполнителя или связующего. Наиболее распространены следующие связующие: полиэфир, фенолы, алкиды, силиконы, фторуглеродистые соединения, эпоксидные компаунды и смолы, полипропилен, полиэтилен и другие.

В качестве связующего используются термопластичные, и термореактивные полимеры (смолы). Из термопластичных наибольшее распространение получили производные акриловой и метакриловой кислот, поливинилацетата, полиизобутилена, каучука и резины, а из термореактивных – фенолформальдегидные, эпоксидные и кремнийорганические соединения. Клеи на базе термопластичных полимеров образуют обратимую пленку, размягчающуюся при нагревании. В настоящее время для композиционных материалов больше используется термореактивные связующие.

Эпоксидные смолы являются одним из лучших видов связующих для большого числа композиционных материалов.

Преимущества эпоксидных смол:

- обладают хорошей адгезией к большинству наполнителей армирующих компонентов и подложке;
- разнообразие доступных эпоксидных смол и отверждающих агентов поз-

воляет получить после отверждения материалы с широким сочетанием свойств;

- усадочные явления при отверждении ниже, чем для фенольных или полиэфирных смол;

- обладают хорошей химической стойкостью к бензину, маслам, специальным жидкостям.

К преимуществам композиционных материалов перед полимерными относятся: повышенная жесткость, прочность, теплостойкость, пониженные газо- и паропроницаемость, регулируемые электрические, фрикционные, теплофизические свойства, пониженная стоимость.

Однако достичь всех этих свойств в одной композиции нельзя.

В ряде случаев полимерные композиционные материалы позволяют не только заменить пайку, сварку или наплавку, но позволяют восстановить деталь, ремонт которой прежде считали невозможным. С их помощью герметизируют трещины, пробойны, резьбовые соединения, восстанавливают прессы, насадки, получают износостойкое покрытие, защищают металл от коррозии.

Многие свойства полимерной композиции в значительной степени определяются свойствами матрицы. Для ремонтных целей наиболее подходят матрицы из эпоксидных олигомеров. В технической и научной литературе эпоксидными олигомерами называют эпоксидные смолы в неотвержденном состоянии. Для композиционных материалов, применяемых при ремонте автомобилей, наиболее подходят эпоксидные смолы отечественного производства марок ЭД – 16, ЭД – 20, ЭД – 22 (табл.1). Наибольшей вязкостью обладает смола ЭД – 16, которую перед употреблением следует нагреть до температуры 60 - 80°C, смолы ЭД – 20, ЭД – 22 пригодны для работ при комнатной температуре

Таблица 1 - Характеристики эпоксидных смол

Показатель	ЭД – 22	ЭД – 20	ЭД – 16
Плотность при 25°C, г/см ³	1,165	1,166	1,168
Внешний вид	Низковязкая прозрачная жидкость	Вязкая прозрачная жидкость	Высоковязкая жидкость
Цвет	От светло-коричневого до коричневого		
Динамическая вязкость при 25°C, МПа*с	8000-13000	13000-28000	не определяют

Свойства отвержденной эпоксидной композиции во многом определяются характеристиками эпоксидной смолы, условиями и режимами протекания процесса их отверждения.

Отверждение происходит в результате взаимодействия функциональных разнородных групп или ненасыщенных связей с низкомолекулярными веществами, называемыми отвердителями.

Существующие отвердители можно разбить на группы: аминные отвердители; ангидриды ди- и поликарбоновых кислот; олигомерные отвердители; катализаторы и ускорители отверждения эпоксидных смол.

В случаях, когда требуется отверждение эпоксидных композиций при комнатной температуре, при умеренном нагревании, а в случаях необходимости и при отрицательных температурах используется подгруппа аминных отвердителей. Свойства отвердителей этой группы приводятся в таблице 2.

Приведенный ассортимент аминных отвердителей полиэтиленполиамин (ПЭПА), этилендиамина – (Аф – 2), диэтилентиамина – (УП – 538), ксилендиа-

минолитилфенола – (УП – 538 К) позволяет отверждать эпоксидные смолы в интервале температур от -5 до +200°C, обеспечивает установление необходимых реологических показаний и жизнеспособность эпоксидных композиций.

Таблица 2 - Свойства отвердителей и отвержденных ими эпоксидных композиций

Показатель	Обозначение отвердителей			
	ПЭПА	АФ – 2	УП – 538	УП – 538 К
Внешний вид	Вязкая темная жидкость			
Плотность г/см ³	1,004	1,052	1,073	1,092
Динамическая вязкость, мН/м	100	850	920	1080
Свойства отвержденных эпоксиполимеров				
Разрушающее напряжение, МПа при изгибе	101,5	108,8	112,7	126,4
при растяжении	43,0	78,9	85,1	73
Теплостойкость, °С	91	109	128	117

Именно эта группа отвердителей пригодна при ремонте автомобилей.

Отвердитель вводят в состав непосредственно перед употреблением и тщательно перемешивают композицию.

Отвержденные эпоксидные смолы в чистом виде обладают повышенной хрупкостью, плохо выдерживают удары и вибрации. Внедрение в смесь пластификаторов, хорошо совместимых с эпоксидной смолой и способствующих релаксации внутренних напряжений, приводит к увеличению прочности, теплопроводности, уменьшению электропроводности. Наоборот, пластификаторы, несовместимые со смолой, такие, как глицерин, этиленгликоль и другие многоатомные спирты, способствуют повышению электропроводности, снижению механической прочности (таблица 3).

Таблица 3 - Влияние пластификатора на физико-механические свойства эпоксидной смолы

Пластификатор	Предел прочности при сдвиге кг/см ²	Удельное объемное электрическое сопротивление ρ , ом*см	
		Исходное	После старения при 70°C в течение 20 суток
Без пластификатора	55	0,0038-0,0048	0,0102
Дебутилфталат	137	0,0053-0,0058	30
Полиэфир МГФ – 9	138	0,031-0,038	3,7
Моноглицериновый эфир диэтиленгликоля	159	0,020-0,022	1,05
Диэтиленгликоль	108	0,0085-0,0118	0,0086
Глицерин	70	0,0013-0,0014	0,0012
Этиленгликоль	51	0,0029-0,0032	–

В ремонтном производстве в качестве пластификатора, в основном, применяется дебутилфталат (ДБФ).

Пластификаторы можно вводить вручную при условии тщательного смешивания, либо использовать готовые компаунды, в которые уже введены пластификаторы. Анализ показывает, что отклонение дозировки отвердителей до 5% от оптимального соотношения, а пластификаторов до 10% не приводит к существенным изменениям свойств композиции при хорошем смешивании компонентов. Большие отклонения приводят к ухудшению свойств композиции.

Для уменьшения усадки клея при отверждении, предотвращении появления трещин и разрушения клеевой пленки, улучшения физико-механических свойств в клей добавляют порошкообразные наполнители.

Для повышения теплопроводности используют в качестве наполнителя: медь, серебро, железо, углерод, графит.

Для повышения электропроводности используют в качестве наполнителя: алюминий, медь, серебро, железо, кварц, углерод, графит.

Для повышения антифрикционных свойств и износостойкость используют чаще всего графит.

Улучшению диэлектрических свойств способствует железо, оксид алюминия, оксид железа, оксид титана.

Повышению химо- и влагостойкости способствует слюда. Средний размер частиц металлических наполнителей 5-80мкм, иногда от 20-300мкм для кварца, 30-150мкм для оксида алюминия.

Наполнители в виде металлических порошков придают эпоксидным композициям свойства, присущие металлам: теплопроводность, электропроводность, при этом они сохраняют важные свойства полимеров: эластичность, адгезию к металлам, химическую стойкость. Кроме того, такие наполнители как алюминий, углекислый кальций, оксид железа, углерод способны изменять цвет полимерных композиций.

Применение наполнителей, как показывают многочисленные исследования, позволяют создать клеевые композиции с заданными физико-механическими свойствами.

Во многих случаях клеевые соединения работают в условиях тепловых нагрузок, где для создания нормальных условий работы необходим интенсивный отвод тепла из рабочей зоны. Однако, наличие клеевой прослойки между поверхностями склеенных деталей и узлов, обладающей меньшей по сравнению с металлами теплопроводностью, создает дополнительное термическое сопротивление на пути теплового потока. Снижение термического сопротивления возможно при повышении теплопроводности клеевой прослойки. Одним из наиболее распространенных способов создания клеевых композиций с более высокой теплопроводностью является наполнение клеев разными металлическими порошками.

В результате наполнения получаются материалы, основные физические и механические свойства которых существенно отличаются от свойств матрицы.

На сегодняшний день существует достаточно много рецептур клеев с различными наполнителями, обработанных модификаторами с целью улучшения их теплопроводных свойств, но получаемые таким способом клеи, как правило, содержат до 60-80% по объему металлического порошка, что ведет к резкому снижению прочностных характеристик соединений.

В таблице 4 приведены данные о влиянии различных наполнителей на прочностные характеристики клеевых соединений.

На качество полимерного покрытия и стабильность его прочностных показателей определяющее влияние оказывает очистка и подготовка склеиваемой поверхности.

Существуют обязательные способы подготовки склеиваемых поверхностей – механический, химический.

Таблица 4 - Влияние различных наполнителей на прочность клеевых соединений

Наполнители	Кол-во наполнителя, г на 100 г клея	Разрушающие напряжения при сдвиге, МПа	
		20°С	80°С
Без наполнителя	—	18	9
Окись цинка	100	16	17,5
Двуокись титана	133,3	16,5	20,5
Окись кальция	87	19	18
Окись никеля	20	16	20,3
Окись свинца	217	16,5	22,7
Двуокись марганца	283	17,5	18,7
Окись меди	313	16,9	12,8
Окись олова	106,7	16,7	18,8
Окись железа	100	18,7	23,2
Алюминиевый порошок	70	18,8	21,7
Окись серебра	37,5	3,1	—

Механический способ подготовки поверхности предусматривает очистку поверхности до металлического блеска.

Химические способы подготовки поверхности предусматривают химическое воздействие на поверхность металла различными химикатами.

В зависимости от механизма взаимодействия химического состава с поверхностью металлов различают следующие химические способы: травление; фосфатирование; нейтрализация ржавчины.

Многообразие полимерных материалов, исключает единые технологические рекомендации подготовки поверхности для нанесения полимерных покрытий. Так, обезжиривание синтетическими моющими растворами благоприятно действует при нанесении полимерных покрытий на основе эпоксидных смол. Но анаэробные полимерные материалы на поверхностях, обезжиренных синтетическими моющими растворами не отверждаются.

В данной работе приводятся рекомендации по использованию полимерных композиций на основе экспериментальных исследований.

Библиографический список

1. Кейгл Ч. Клеевые соединения / Ч. Кейгл. – М.: Мир. – 1971. – 295с.
2. Кардашов Д. А., Петрова А. П. Полимерные клеи // М.: – Химия. – 1983. – 256 с.
3. Вильнав, Ж.Ж. Клеевые соединения / М.: – Техносфера. – 2007. – 384с.
4. Айбиндер, С.Б., Андреева Н.Т. Влияние наполнителей на теплофизические, механические и антифрикционные свойства полимеров [Текст] / С. Б. Айбиндер, Н. Т. Андреева // Изв. АН Латв.ССР. Сер. физ. и техн. наук. – 1983. – №5–С.3 - 18.
5. Попов, В.М. Теплообмен через соединения на клеях // М.: – Энергия. – 1974. – 304 с.
6. Привалко В.П. Теплофизические свойства наполненных полимеров. [Текст] / В.П. Привалко // М.: – Промышленная теплотехника. – 1983. – с. 66-76.
7. Гуль В.Е. Проблемы повышения прочности полимерных материалов. [Текст] / В.Е. Гуль // М.: – Высокомолекулярные соединения. – 1963. – А25 – с. 899-913.
8. Коршак В.К. Термостойкие полимеры // М.: – Наука. – 1969. – 411 с.
9. Шестакова В.В., Смирнов В.А., Лушин Е.А. К вопросу создания высокотеплопроводных клеевых прослоек // М.: – Теплообмен в энергетических установках и повышение эффективности их работы. – 1992. – с. 24-29.
10. Шестакова В.В. Основные факторы, оказывающие влияние на теплопроводность клеевой прослойки в клеевых соединениях // М.: – Теплоэнергетика. – 1993. – с. 52-58.

© Веневцев А.И., Шестакова В.В., 2018

Кривошапов С.И.

канд. техн. наук, доцент кафедры
технической эксплуатации и сервиса
автомобилей им. проф. Н.Я.
Говорущенко Харьковского
национального автомобильно-
дорожного университета, Украина

Krivoshapov S.I.

Ph.D., assistant professor of technical
operation and service of cars department
of behalf prof. N.Y. Govorushchenko,
Kharkov National Automobile and
Highway University, Ukraine

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ТЕМПЕРАТУРНЫХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

MONITORING SYSTEM OF TEMPERATURE CONDITIONS OF OPERATION OF TRANSPORT MACHINES

Ключевые слова: автомобиль, техническая эксплуатация, классификация условий эксплуатации, информационные технологии, измерительные системы, мониторинг, автомобильный транспорт.

Keywords: car, technical operation, classification of operating conditions, information technology, measuring systems, monitoring, automobile transport.

В статье предложено три метода занесения сведений о температуре в базу данных: путем ручного ввода; получение данных из страничек сайтов Интернет серверов, которые публикуют данные о погоде для того или иного региона; путем непосредственного получения результатов измерения от температурных датчиков на компьютер, через плату ввода-вывода аналогового или цифрового преобразователя. В качестве примера в статье рассмотрен алгоритм синтаксического анализа температуры с сервера Gismeteo. Для непосредственной регистрации температуры предложено использовать два датчика: цифровой DS18B20 и аналоговый TMP36. Программно-измерительный комплекс по регистрации и хранению температуры может использоваться как элемент системы учета горюче-смазочных материалов, а также комплексной автоматизации производственной деятельности автотранспортного предприятия.

The article suggests three methods for entering information about temperature into the database: by manual input; receiving data from the pages of Internet servers that publish weather data for a given region; by directly obtaining the measurement results from the temperature sensors to the computer, through the I/O board of the analog or digital converter. As an example, the article considers the temperature parsing algorithm from the Gismeteo server. For direct temperature registration, it is suggested to use two sensors: digital DS18B20 and analog TMP36. The software and measuring system for recording and storing temperature can be used as an element of a system for recording fuels and lubricants, as well as for the integrated automation of the production activities of a motor transport enterprise.

Автомобильный транспорт предназначен для перевозки грузов и пассажиров. Дорожно-транспортное средство осуществляет движения в различных условиях эксплуатации. Различают следующие условия: дорожные, транспортные, атмосферно-климатические условия и культуру труда [1]. Человек может повлиять на качество и состояние дороги, на организацию дорожного движе-

ния, повысить квалификацию персонала, а вот атмосферно-климатические условия можно только принимать и по возможности максимально учитывать в нормировании перевозочного процесса.

Расход топлива непосредственно или косвенно зависит от многих факторов, включая и атмосферно-климатические условия. Температура и давление окружающей среды оказывает влияния на свойства топлива и воздуха, поступающего в двигатель автомобиля; на сопротивления воздушного потока, взаимодействующего с кузовом автомобиля в процессе движения; на тепловое состояние двигателя, агрегатов трансмиссии и ходовой части автомобиля, изменяя свойства материалов и эксплуатационных жидкостей. Осадки оказывают влияния на состояние дорожного покрытия и видимость объектов на дороге, что приводит к необходимости снижения скорости автомобиля. Выход температуры из «зоны комфорта» заставляет затрачивать дополнительную энергию автомобиля, вырабатываемую на отопление или охлаждение салона.

В настоящее время широко внедряются системы мониторинга транспортных средств, оснащенных навигационным оборудованием с использованием спутниковой навигации. Использование таких систем позволяет получить историю движения автомобиля по карте, высоту расположения дороги, изменение скорости и пробега машины в любой момент времени. Системы мониторинга могут включать датчики контроля расхода топлива, а также передавать информацию о режиме работы и состоянии автомобиля [2].

Цель данного исследования – разработка комплекса мероприятий для учета и контроля атмосферно-климатических условий в процессе нормирования расхода топлива транспортных средств на предприятиях автомобильного транспорта. Для этого необходимо решить следующую задачу: разработать систему автоматизации учета климатических условий на транспорте.

Нормирование топлива на транспорте производится согласно методике Минтранса РФ [3], с изменениями и дополнениями, последние из которых приняты в 2014 году [4]. Согласно этой методике, в зимний период эксплуатации устанавливаются надбавки к норме расхода топлива по регионам России в зависимости от климатического района. Максимальная надбавка составляет 20 % для северных регионов страны, а минимальная 5 %. Кроме того, дополнительно нормируется топливо в зимнее время года на стоянках при запуске и прогреве автомобиля. В данной методике используются средние условия эксплуатации характерные для региона. Повысить точность нормирования расхода топлива можно путем учета фактической температуры воздуха. Похожая система действует на Украине [5]. Здесь надбавка к потреблению топлива в процентах устанавливается для определенных температурных диапазонов.

Значение температуры рекомендуется принимать по данным гидрометеорологического центра Государственной гидрометеорологической службы, других достоверных официальных источников или по результатам собственных измерений. Целесообразно использовать термометры с абсолютной погрешностью измерения не более ± 1 °С. Измерение температуры производится в месте, защищенном от влияния прямого солнечного луча, на высоте около 2 метров от поверхности земли. Допускается использование штатных измерительных си-

стем установленных на автомобиле.

Ведение журнала температуры можно производить на компьютере. В этом случае, вся информация будет располагаться в базе данных. Доступ пользователя для внесения изменения, получения данных и их редактирование осуществляется через разработанную программу. В соответствующие поля вводятся показания температуры. Автоматически подставляется дата и время ввода данных, а также заполняется поле индексации и метки ручного ввода данных. При необходимости значение даты и времени можно изменить.

В информационном пространстве сети Интернет можно найти множества ресурсов, предоставляющие данные о температуре в том или ином регионе. К сожалению, некоторая часть этой информации предоставляется на коммерческой основе, но есть сервера, на которых данную информацию можно получить бесплатно. Пример серверов, предоставляющие сведения о температуре: <http://www.meteoservice.ru>, <https://yandex.ru/pogoda>, <https://www.gismeteo.ru>, <http://meteo.ua> и др. На этих серверах необходимо выбрать регион и город. В ответ на страничке будет представлена информация о текущей температуре, а также дополнительная информация о времени, скорости ветра, атмосферном давлении, влажности, наличия осадков и т.д. Оператор может перенести сведения о текущей температуре в форму базы данных.

Можно автоматизировать этот процесс. Тогда программа сама обратиться к серверу, получает сведения о температуре и передаст данные в базу. Выделяют два метода получения данных от сервера: в xml или html формате. В первом случае, данные максимально структурированы, однако не все сервера поддерживают этот формат передачи данных. Во втором - для получения требуемых данных необходимо искать интересующую информацию, т.е. осуществлять синтаксический анализ html-файла. Однако, при изменении структуры html-файла может потребовать изменения алгоритма синтаксического анализа, т.е. изменения программы.

Программно парсинг html-кода осуществляется в структуре string или через регулярные выражения. Для языка программирования Object Pascal обычно применяют анализ строковых переменных, а для php - регулярные выражения. Для запроса в программе используется компонент idHTTP из библиотеки Internet Direct (Indy) [6]. Методу get передается ссылка на страницу, которая содержит данные о погоде в необходимом регионе. Например, для сервера Gismeteo [7] для получения данных о погоде в городе Харькове необходимо передать следующую ссылку: «<http://www.gismeteo.ru/weather-kharkiv-5053/>». В ответ метод вернет структуру html-страницы в формате string. Специальная процедура ищет в этой структуре значение параметра «data-value» в классе «js_meas_container temperature tab-weather__value». Это значение температуры. Класс «data xs» содержит время регистрации температуры. Программа заносит в базу данных значение температуры, времени, текущую дату, метку получения данных из сети.

Передача данных от сервера в базу данных может быть инициализирована по запросу пользователя (при нажатии соответствующей кнопки на панели окна программы), в определенный момент времени (устанавливается указанием вре-

мени в соответствующем поле), через заданный временной интервал (задается таймером). В любом случае программа должна находиться в активном режиме.

Данные температур, полученных из серверов, можно совместить с картографической системой, например, построенной на базе Google Map. В результате получить карту температур по маршрутам следования транспортных средств автотранспортного предприятия.

Карта температуры воздуха, точки росы, скорости ветра, виды осадков, направления ветра для участков дорог Республики Беларусь создана в системе Инфоцентр (<http://i.cent.r.by/inforoads/ru/dises>). В системе «Народный Мониторинг» (<https://narodmon.ru>) собраны сведения о местоположении и показаниях датчиков и измерительных устройства, расположенных по всему миру. Реализована возможность подключения в эту систему своих средств мониторинга и видеонаблюдения.

Получать данные температуры воздуха можно из специального датчика, установленного на улице вблизи от компьютера. Широко используются два типа датчиков температуры: аналоговые и цифровые. Для передачи данных с аналоговых датчиков на компьютер необходим АЦП. Цифровые датчики могут передавать данные по определенным протоколам. Используются следующие протоколы передачи данных: интерфейс SMBus, I2C, ШИМ, 1-Wire, 2-Wire, 3-Wire, SPI.

Компьютер не может непосредственно принимать сигнал с датчика температуры, для этого необходимо использовать адаптер, поддерживающий стандартные интерфейсы компьютера. Бюджетный и недорогой адаптер можно создать на основе Arduino [8]. Для создания аппаратно-программного комплекса по регистрации температуры была выбрана отладочная плата ATtiny85-USB-KIT - миниатюрная плата на микроконтроллере ATtiny85, совместимая с платформой Arduino [9]. Стоимость ATtiny85-USB-KIT составляет 2 \$.

Для подключения управляемых устройств на плате контроллера предусмотрено шесть контактов. Плата поддерживает цифровые интерфейсы I²C, SPI, USB. Может принимать данные с PWM (ШИМ). Имеет четыре аналоговый вход-выход через одно АЦП.

Аппаратно-программный комплекс реализован на цифровом датчике температуры DS18B20 [10]. Этот датчик имеет интерфейс 1-Wire. Обладает необходимой точностью измерения температуры $\pm 0,5$ °C, с ценой младшего разряда от 0.5 °C до 0.0625 °C. Широкий рабочий диапазон измерения температуры от -55 до +125 °C. Имеет компактный корпус TO-92. Стоимость – менее 1 \$.

Каждая микросхема DS18B20 имеет уникальный и неизменяемый 64-битный серийный номер, который используется как узловой адрес датчика. Это дает возможность на одной линии размесить несколько датчиков температур. Микросхема DS18B20 может быть локально запитана от 3.0 В до 5.5 В или она может быть сконфигурирована таким образом, чтобы быть запитанной посредством 1-проводной линии данных. Датчик температуры DS18B20 имеет внутреннюю энергонезависимую память (EEPROM). В эту память программно записываются верхний (TH) и нижний (TL) пределы температур. Датчик реагирует на пересечение температуры через эти пределы, путем установки флага

внутреннего регистра.

Датчик температуры DS18B20 подключен к плате ATtiny85-USB-KIT через три контакта: вывод VDD датчика соединен с выводом 5V на плате, выводы GND совмещены, вывод DQ датчика подключается к цифровому выводу на плате. Между ногой датчика DQ и VDD требуется подключить резистор номиналом 4,7 кОм.

В программе прошивки платы инициализируем обмен данными с компьютером на скорости 9600 бод и связываем адрес датчика с каналом. В основном цикле (loop) передаем на контакт код датчика, и считываем данные температуры. Значение температуры передаем на компьютер командой `println`. Программа на стороне компьютера инициализирует обмен данными с той же скоростью, ждет получение данных от платы, заносит полученную информацию в базу данных. С компьютера также в базу заносятся дата и время, а также код флага получения данных с датчика температуры. Результат отображается на экране.

Измерительную систему можно построить на базе аналоговых датчиков температуры. Среди недорогих, обладающих линейной характеристикой, имеющих погрешность измерения не более 1 °С, можно порекомендовать датчик температуры TMP36 [11]. Этот датчик не имеет подвижных частей, практически не изнашиваются, не требуют калибровки, могут работать в различных окружающих средах. Обладает следующими характеристиками: размер корпуса TO-92 (около 0.2"x0.2"x0.2") с тремя выводами; диапазон измеряемых температур: от - 40°C до 150°C / -40°F до 302°F; диапазон сигнала на выходе: от 0.1В (-40°C) до 2.0В (150°C); питание: от 2.7 В до 5.5 В, сила тока - 0.05 мА. Стоимость датчика менее 1 \$.

Подключение датчика TMP36 к плате ATtiny85-USB-KIT осуществляется тремя точками: левый вывод к источнику питания (2.7 - 5.5 В), правый – к земле, средний – к аналоговому входу-выходу на плате. Значение аналогового напряжения от датчика TMP36 не зависит от источника питания. Для преобразования напряжения в температуру используется зависимость: $T = (V - 500) / 10$, где T – температура, °С; V – напряжение на среднем выводе датчика, мВ. Считываемое значение напряжения будет находиться в диапазоне от 0 до 1.75 В.

В программе, которая загружается в плату ATtiny85-USB-KIT, производится инициализация порта. В цикле (loop) необходимо считать данные с аналогового вывода ADC и произвести преобразования 10-битных аналоговых значений в напряжение по формуле: $V = N \cdot (5000 / 1024)$, где V – напряжение на среднем выводе датчика, мВ; 5000 – опорное напряжение, мВ (5В); 1024 – максимальное значение АЦП. Далее необходимо преобразовать напряжение в показания температуры и передать результат на USB порт компьютера.

Действия программы на стороне компьютера по получению температуры с аналогового датчика TMP36 ничем не отличается от работы с цифровым датчиком DS18B20.

На основе отдельных модулей собираем программу «электронного журнала температуры». Дополнительно к рассмотренным модулям в программе предусмотрен механизм сортировки и фильтрации данных, формирования отчета и вывода его на печать, обработку и передачу данных программе по нор-

мированию и учету расхода топлива. Режим передачи данных предусматривает экстраполяцию температур на дату и время запроса на основе информации внесенной в базу или передачу температуры ближайшей к дате и времени запроса.

При работе с базой данных дополнительно используются программы сторонних фирм для администрирования, репликации, архивации и восстановления данных.

Разработанная программа «электронного журнала температуры» является составной частью комплекса программного обеспечения по автоматизации инженерно-технической службы предприятия автомобильного транспорта.

Дальнейшее расширения функциональности программы может быть за счет: запуска некоторой части программы в режиме службы; получение данных о температуре непосредственно с автомобиля в процессе его эксплуатации; организация многоуровневого доступа и защита данных в базе; разработка алгоритма по борьбе с избыточностью информации и прогнозирования недостающих данных.

Библиографический список

1. Говорущенко Н.Я. Системотехника транспорта (на примере автомобильного транспорта) [текст] / Н.Я. Говорущенко, А.Н. Туренко. – Харьков: ХНАДУ, 1999. – 457 с.
2. Волков В.П. Интеграция технической эксплуатации автомобилей в структуры и процессы интеллектуальных транспортных систем : Монография / В.П. Волков, В.П. Матейчик, О.Я. Никонов [и др.]. – Донецк: Ноулидж, 2013. – 398 с.
3. Распоряжение Минтранса РФ от 14 марта 2008 г. № АМ-23-р «О введении в действие методических рекомендаций «Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте» [Электронный ресурс] / Информационно-правовой портал - Режим доступа: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/12059439/>
4. Распоряжение Минтранса России от 14.05.2014 N НА-50-р "О внесении изменений в Методические рекомендации "Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте", введенные в действие распоряжением Министерства транспорта Российской Федерации от 14 марта 2008 г. N АМ-23-р" [Электронный ресурс] // Консультант-Плюс – надежная правовая поддержка : Официальный сайт компании «КонсультантПлюс». — Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_163082/.
5. Нормы расхода топлива и смазочных материалов на автомобильном транспорте. – Киев: Минтранс Украины, 1998. - 45 с.
6. The Indy Project [Electronic resource] // Access mode: <http://www.indyproject.org/index.en.aspx>.
7. GisMeteo [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.gismeteo.ua>
8. Software : Download the Arduino IDE [Electronic resource] // Arduino - Access mode: <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>.
9. USB Digispark Kickstarter Development Board for Arduino (ATTINY85) [Electronic resource] - Access mode: <https://radio18.ru/catalog/docs/6896.pdf>.
10. DS18B20 - Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer [Electronic resource] // Maxim Integrated - Access mode: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>.
11. Low Voltage Temperature Sensors TMP35/TMP36/TMP37 [Electronic resource] // Adafruit - Access mode: https://cdn-learn.adafruit.com/assets/assets/000/010/131/original/TMP35_36_37.pdf.

Лебедева Т.С.

студентка 3 курса, кафедра «Автомобили и автомобильное хозяйство», Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, РФ

Орлов Р. И.

аспирант, Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Российская Федерация

Шапошников Ю.А.

д-р техн. наук, профессор, кафедра «Автомобили и автомобильное хозяйство», Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Российская Федерация

Lebedeva T.S.

3th year student, chair «Cars and automobile economy», Altaic State Technological University, Russian Federation

Orlov R. I.

postgraduate student, Altaic State Technological University, Russian Federation

Shaposhnikov Yu.A.

Dr., Professor, chair «Cars and automobile economy», Altaic State Technological University, Russian Federation

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ АВТОМОБИЛЬНОГО СЕРВИСА

IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY OF AUTOMOBILE SERVICE

Ключевые слова: сервисное обслуживание, парк автомобилей, диагностирование, электронные средства.

Keywords: service, car fleet, diagnostics, electronic means.

В статье изложены: численный и возрастной состав парка автомобилей Российской Федерации, перспективы развития сервисного обслуживания автомобилей и возможности его совершенствования, технические процессы обслуживания автомобилей, применение электронных средств диагностики, самодиагностирующие системы автомобиля, программный диагностический комплекс, электронная система управления диагностированием автомобиля.

The article describes: the numerical and age composition of the fleet of cars in the Russian Federation, the prospects for the development of car service and the possibilities for improving it, the technical processes for servicing cars, the use of electronic diagnostic tools, self-diagnostic systems of the car, a software diagnostic complex, and an electronic vehicle diagnosis management system.

Спрос на сервисное обслуживание автомобилей, неразрывно связан с количеством продаваемых автомобилей в России и числом автомобилей, находящихся в эксплуатации у граждан и юридических лиц. Согласно проведенным исследованиям [1], по состоянию на 2016 год на каждую тысячу россиян приходилось 283 легковых автомобиля. Общая численность автомобилей в России составляет более 56 миллиона. При этом сам парк имеет довольно высокий средний возраст. Так, на долю машин старше 10 лет приходится почти половина (49,9%), что соответствует 18,42 млн. единиц. В то же время новых машин (до 3-х лет) числится 6,28 млн. экземпляров (17%).

Парк легковых автомобилей в России по состоянию на 01.01.2015 по данным ООО «Автостат Инфо» вырос достаточно заметно – на 6,3% или в физических величинах – на 2 млн 340,5 тыс., достигнув 39 млн 349,3 тыс., при том, что реальные регистрации новых легковых автомобилей, за 2014 год показали падение на 10,1% или на 262,8 тыс. при валовом объеме регистраций в 2 млн 333,1 тыс., т.е. рынок откатился на уровень 2005–2006 годов (рис. 1 – 4).

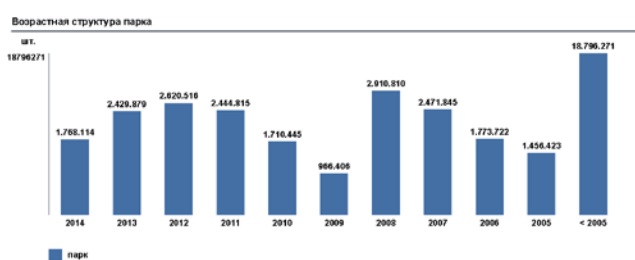
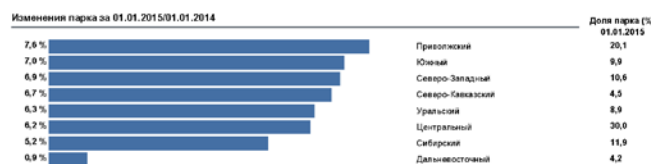
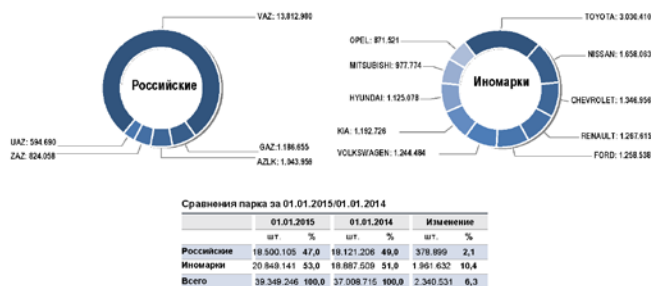


Рисунок 1 – Парк легковых автомобилей

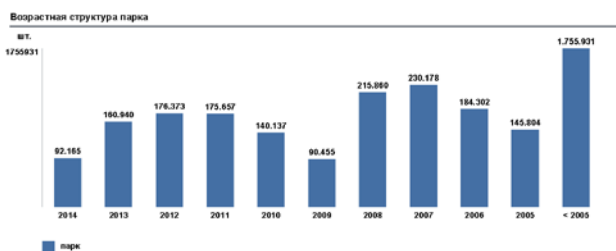
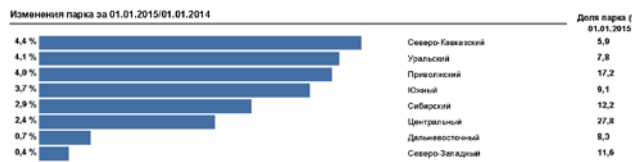
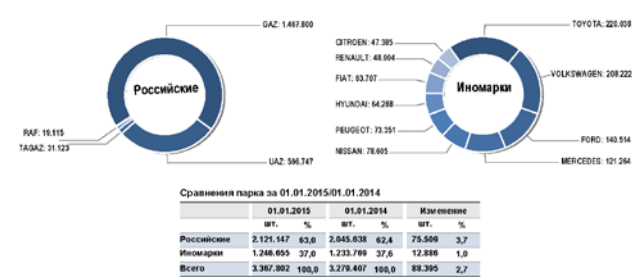


Рисунок 2 – Парк легких коммерческих автомобилей

Возрастная структура парка – самая удручающая статья статистики парка. Итак, по РФ в целом она распределилась так: новых легковых автомобилей выпуска 2014 года – 1 млн 768,1 тыс. [2] Это соответствует 4,5%, а совокупная доля машин до 3 лет, т.е. выпуска 2012–2014 годов составляет 6 млн 818,5 тыс. или 17,3% от парка.

Напротив, доля машин старше 10 лет, т.е. выпуска старше 2005 года составляет 47,8% (18,8 млн), т.е. без малого половина отечественного легкового парка уже выработала не только возраст морального старения, но и просто физически запредельно изношена. Так, доля автомобилей LADA (BA3) старше 10 лет составляет 63,9% от парка бренда и 22,4% от всего парка автомобилей.

У автомобилей УАЗ доля ветеранов составляет 65,2% (387,9 тыс.), а новых вездеходов – лишь 10,4% (61,8 тыс.), т.е. 2/3 ульяновских внедорожников перевалили за 10 лет, а новым может считаться только каждый десятый.

Доля «трехлеток» LADA в парке данной модели лишь 1 млн 215,5 тыс. (8,8%). Для сравнения, в парке KIA их доля 46% (549,1 тыс.), а Hyundai – 43,6% (490,6 тыс.). У лидирующей по абсолютной величине парка иномарок Toyota (3 млн 30,4 тыс.) доля новых машин – лишь 13,2% (399,2 тыс.), а вот автомобилей старше 10 лет 55,3% (1 млн 676,5 тыс.) – второй в стране парк пожилых автомобилей одного бренда.

Из моделей по абсолютной величине парка лидирует тольяттинская «классика»: LADA 2107 – 1 млн 752,8 тыс. (доля машин старше 10 лет – 55,4%) и BA3-2106 – 1 млн 748,2 тыс. (99,5%). Если учесть, что общий выпуск шестой модели составил около 4,2 млн, то 2/5 выпущенных машин этой модели еще на ходу только в России. Третье место за переднеприводной «Самарой» BA3-2109 – 1 млн 563 тыс. Далее пять позиций занимают также модели LADA, а лидером среди иномарок выступает Ford Focus (704,9 тыс.), доля 10-летних автомобилей 10,5% (74,1 тыс.), а новых – 23,5% (165,6 тыс.), т.е. почти четверть. Далее за ним

среди иномарок следует Toyota Corolla (663,6 тыс.), соответствующие показатели – 49,6% (329 тыс.) и 12,2% (80,7 тыс.).

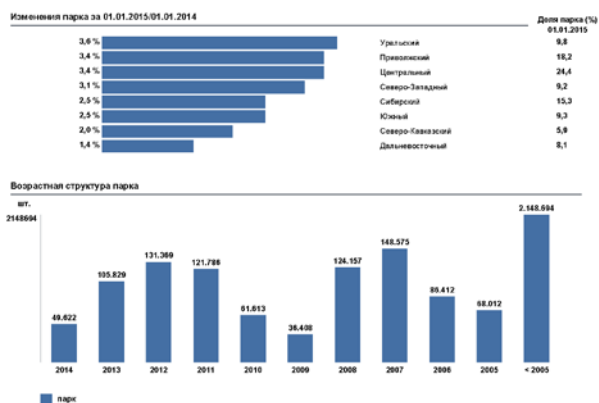
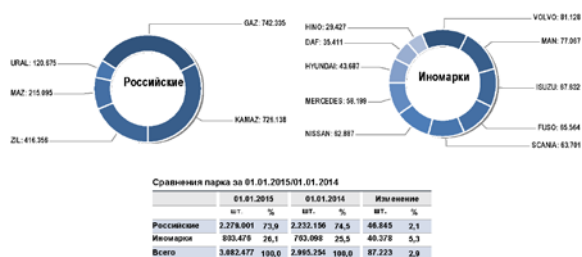


Рисунок 3 – Парк грузовых автомобилей

В целом, тенденция на обновление парка автомобилей присутствует, поэтому в краткосрочной перспективе (на год) парк будет стареть, а доля машин до 3 лет снизится. Среднесрочная перспектива (до 5 лет), также не слишком оптимистична, так как на обновление парка, однозначно, будут влиять низкие цены на нефть и медленное восстановление экономики. В тоже время, наличие в парке почти 19 млн ед. поддержанных автомобилей, предполагает, в долгосрочной перспективе, что российский рынок неизбежно восстановится.

В последние годы наблюдается повышение объема оказываемых услуг по обслуживанию автомобилей. Это конечно же связано с увеличением парка авто в РФ. Следует ожидать, что в ближайшие годы спрос на обслуживание и ремонт значительно увеличится, т.к. количество поддержанных и новых автомобилей неуклонно растет. Сложившийся автомобильный рынок автомобилей на текущий период представлен на диаграмме, рисунок 5 [1, 3].



Рисунок 5 – Рынок автомобилей в РФ

Используя накопленные ранее базы данных по парку и продажам новых легковых автомобилей в РФ, специалисты агентства "АВТОСТАТ" также подготовили прогноз формирования парка до 2017 года включительно, который учитывает текущую ситуацию в экономике (рис. 6).

При прогнозировании дальнейшего изменения структуры парка автомобилей учитывались оценки объема продаж новых автомобилей по всем ведущим маркам, а также динамика ввоза поддержанной техники в течение последних лет.

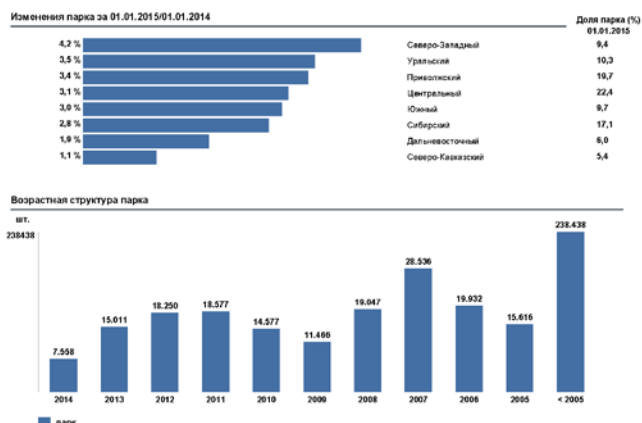
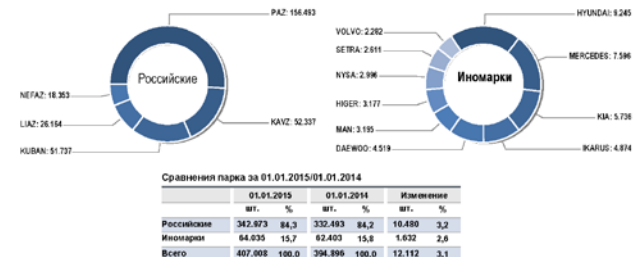


Рисунок 4 – Парк автобусов

При обработке все данные подверглись корректировке с учетом возрастного состава и степени износа парка автомобилей.

Прогноз структуры парка легковых автомобилей в РФ в 2017 году

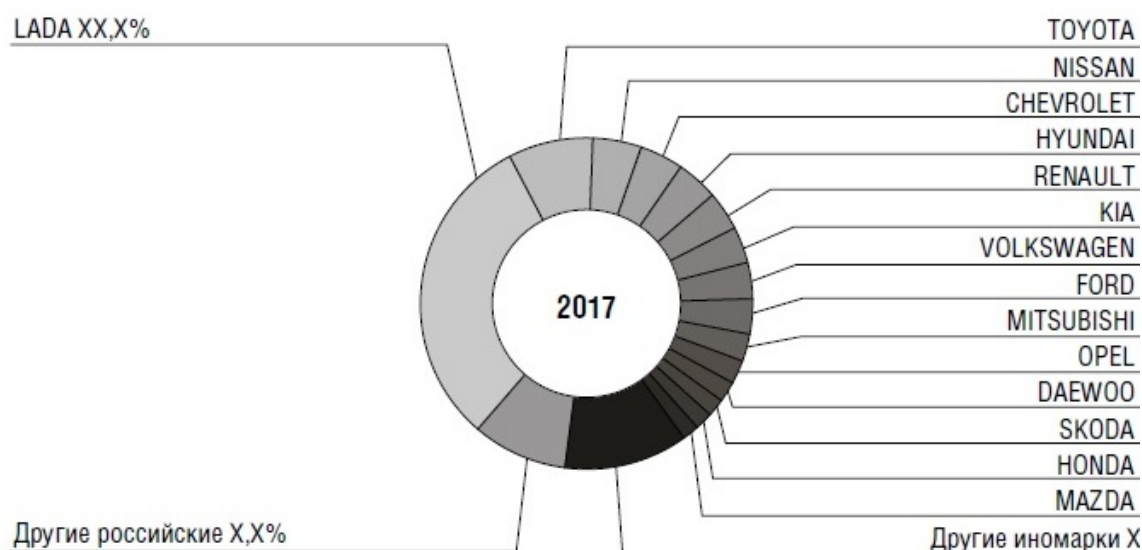


Рисунок 6 – Прогноз структуры парка автомобилей

Из представленной информации следует, что увеличение продаж новых автомобилей, приведет к увеличению и количества подержанных автомобилей. Поддержание этого парка в работоспособном и технически исправном состоянии осуществляется сервисной системой, в состав которой входят специализированные и универсальные станции технического обслуживания (СТО), авторемонтные мастерские (АРМ), комплексные автозаправочные станции (КАЗС). Эти предприятия выполняют разнообразные работы по обслуживанию и ремонту, включая заправочные, моечные, уборочные и другие. В инфраструктуры их деятельности могут быть включены гаражи и стоянки, кемпинги и пр. Таким образом, в ближайшие годы следует ожидать повышения спроса на услуги сервиса, технического обслуживания и ремонта автомобилей. Разнообразие автопарка стимулирует создание крупных универсальных станций технического обслуживания, с широким спектром услуг для большинства марок авто.

Высокие показатели технического обслуживания автомобилей обеспечиваются своевременным и качественным их проведением, а также выбором целесообразного метода и формы организации этих работ и постоянным их совершенствованием. Различают три основных метода организации технологического процесса технического обслуживания: на нескольких постах, расположенных на потоке; на универсальных тупиковых постах и непосредственно на рабочем месте либо в полевых условиях.

Рассмотрение организации технологических процессов обслуживания автомобилей показало, что на современном этапе функционирования автотранспортной отрасли преобладающим является заявочный метод проведения работ технического обслуживания и ремонта. При этом в большинстве случаев автотранспортные средства эксплуатируются до возникновения неисправностей конструктивных элементов или систем автомобиля. Имеющиеся же рекомендации [4] предполагают проведения планово-предупредительных видов технического обслуживания (ТО) и текущего ремонта (ТР) автомобилей.

С учетом сложившейся на современном этапе специфики эксплуатации автомобилей предлагается обратить большее внимание на работы при проведении

ежедневного (ЕО) и сезонного обслуживания (СО) автомобилей. А также, использование современного диагностического оборудования позволяющего в полном объеме выявить неисправности и спланировать проведение работ по ТО и ТР автомобилей.

В большинстве случаев при проведении работ по ТО и ТР применяются технологические процессы, имеющие существенные недостатки, что обуславливает необоснованные простои автомобилей, потери рабочего времени и недостаточное качество выполнения работ. Главным образом эти недостатки связаны с некачественным проведением, а зачастую с отсутствием диагностических работ по выявлению технического состояния систем и агрегатов автомобиля. Современная конструкция автомобилей и электронное диагностическое оборудование позволяет с высокой степенью вероятности устанавливать причины отклонения параметров технического состояния автомобиля от нормативных значений.

Совершенствование эксплуатационных свойств автомобилей связано с усложнением их конструкций, и для качественного выполнения работ по их техническому обслуживанию и ремонту требуется использование современного сложного оборудования, приспособлений, контрольно-измерительных приборов, а также совершенствование технологических процессов. [5, с. 57]

Повышение эффективности производства, его интенсификация достигаются в значительной мере благодаря использованию принципиально новых прогрессивных технологий и технологических процессов. Рассматривая в общем виде технологию технического воздействия как способ и приемы, методы изменения технического состояния автомобиля с целью обеспечения его работоспособности, принято определять перечень входящих в нее технологических операций, базируясь на конструкции объекта обслуживания и требованиях к надежности агрегатов и систем автомобиля.

С целью повышения качества выполняемых работ ТО и ТР, повышения производительности и приспособленности к технологическим процессам, уменьшения объема вспомогательных работ необходимо использовать накопленную информацию об износах и отказах элементов автомобиля. Элементная база, датчики, встроенные в конструкцию автомобиля и фиксирующие изменение технического состояния автомобиля, существенно упрощают процесс диагностирования автомобиля. В перспективе совершенствования технологических процессов ТО и ТР необходимо формировать конструкцию автомобиля как самодиагностируемого объекта с получением диагностических параметров о его техническом состоянии.

В современных автомобилях реализовано кардинальное усовершенствование классического электрооборудования, а также создан ряд нетрадиционных для автомобиля систем автоматического управления на базе бортового компьютера, в том числе систем комфортного назначения.

Одним из направлений расширения возможностей «умной» электроники автомобиля можно считать внедрение бортовых информационно-советующих систем на основе теории логического вывода, базирующейся на специальных разделах математической логики.

Создание и внедрение такой системы управления позволяет расширить возможности использования электронных компонентов автомобиля для таких целей, как автоматизированная компьютерная диагностика по сети Интернет и управление исполнительными механизмами автомобиля. [6, с. 492]

Задачами исследования на начальном этапе являются:

- сбор данных, считываемых с датчиков бортовой вычислительной сети;
- разработка методики формализации собранных данных с помощью логики предикатов первого порядка;
- формирование базы фактов как основы для процедур логического вывода.

Предметная область «диагностика и управление автомобилем» обладает следующими особенностями. С одной стороны, отказ автомобиля (узла, агрегата) как любой механической системы всегда происходит по какой-либо причине (следствие поломки детали, у которой истек срок эксплуатации). С другой стороны, сама по себе наработка на отказ автомобиля или агрегата является случайной величиной и зависит от ряда факторов: первоначального качества материала, точности обработки, качества сборки, условий эксплуатации.

В связи с этими особенностями для задания исчисления высказываний (формальной теории), имеющего интерпретацию в данной предметной области необходима информация о закономерностях изменения технического состояния: изменение технического состояния автомобиля, агрегата, детали по времени работы или пробегу; вариация параметров технического состояния и других случайных величин (продолжительность выполнения ремонтных и профилактических работ); формирование суммарного потока отказов за весь срок службы автомобиля (группы автомобилей). [7, с. 735]

Любая интеллектуальная система содержит следующие элементы (рис. 7):

- решатель задач;
- информационная среда;
- интеллектуальный интерфейс.

Решатель задач состоит из рассуждателя, вычислителя и синтезатора. Информационная среда – это объединение базы фактов (БФ) и базы знаний (БЗ). Интеллектуальный интерфейс состоит из средств представления результатов (в том числе графического), диалога на естественном языке и научения работе с компьютерной системой [8, с. 23].



Рисунок 7 – структура интеллектуальной системы

Существенной особенностью ИС является реализация в рассуждателе КПЭ-рассуждений (когнитивных правдоподобных эмпирических рассуждений) в интерактивном режиме с целью соответствующего пополнения БФ для формирования информативности представлений изучаемых эффектов и подбора посылок, релевантных цели рассуждения.

Структура данных, используемая для представления фактов в БФ, должна

быть пригодна для формализации структурного сходства фактов. Это обстоятельство делает возможным реализацию условия: сходство фактов влечет сходство эффектов и их повторяемость (это условие лежит в основе формализованного качественного анализа данных) [8, с. 27].

Для осуществления диагностики систем автомобиля было разработано программное обеспечение (ПО), в котором полностью реализован протокол обмена данными с электронным блоком управления (ЭБУ) KWP2000 [9, с. 5], поддерживаемый следующими контроллерами: “Motronic Bosh 1.5.4(N)” и отечественным аналогом «Январь 5.1.х».

Для подключения персонального компьютера, на котором установлено данное ПО, к автомобилю было использовано следующее аппаратное обеспечение:

- K-Line адаптер (подключается к диагностической колодке автомобиля);
- переходник RS232(DB9M) – USB.

Так как K-line адаптер рассчитан на обмен данными с компьютером по протоколу RS-232 (через COM-порт), а последовательный интерфейс на современных ПК отсутствует, то для подключения адаптера к компьютеру был использован переходник USB-COM и специальный драйвер, обеспечивающий возможность установки параметров работы переходника в соответствии со спецификацией протокола KWP2000.

Таким образом, физическое соединение «компьютер – автомобиль» выглядит следующим образом (рисунок 8):

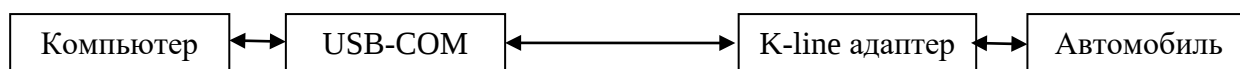


Рисунок 8 – Физическая цепь «компьютер – автомобиль»

Сам процесс диагностики автомобиля на уровне обмена данными представляет собой передачу запросов и прием ответов в формате, указанном в спецификации протокола KWP2000. Каждый запрос (ответ) называется сообщением и представляет собой непрерывную последовательность байт. Сообщения отделяются друг от друга временными интервалами, в течение которых передача данных по каналу связи запрещена. [10, с. 541]

Дополнением к автоматически собираемым в процессе диагностики автомобиля фактам являются факты, формализующие результаты диагностики автомобиля неавтоматизированными методами (данные газоанализатора, износ узлов и агрегатов, результаты визуального осмотра, данные о неисправностях, которые невозможно выявить при электронной диагностике. [11, с. 5]

Конечной целью исследования является создание формальной теории (прикладного исчисления высказываний для предметной области «диагностика и управление автомобилем»), которую можно задать упорядоченной тройкой:

$$Q = \langle M, A, R \rangle,$$

где M – язык, определяющий алфавит и множество правил построения формул (синтаксис) формальной теории; A – множество аксиом, включающее аксиомы классического исчисления высказываний и аксиомы предметной области; R – множество правил вывода (множество отношений между формулами).

Численный парк автомобилей России имеет тенденцию устойчивого роста, при этом, в связи с низкими показателями обновления, отмечается увеличение возраста автомобилей находящихся в эксплуатации. Это приводит к повышению

объема услуг по сервисному обслуживанию и ремонту автомобилей.

Повышение эффективности технического обслуживания и ремонта автомобилей достигается применением прогрессивных технологий и технологических процессов. Для этого необходимо использовать накопленную информацию об износах и отказах элементов автомобиля. При совершенствовании технологических процессов ТО и ТР необходимо создавать конструкцию автомобиля как самодиагностируемого объекта контролирующего текущие параметры его технического состояния. Такая система управления позволит расширить возможности использования электронных компонентов автомобиля для таких целей, как автоматизированная компьютерная диагностика.

Предложенная методика позволяет получить базу фактов, в которой хранятся данные о техническом состоянии элементов автомобиля. Формализация базы фактов на языке логики предикатов первого порядка делает возможным последующий интеллектуальный анализ данных с помощью таких средств, как метод резолюции, ДСМ-метод порождения гипотез.

Для подтверждения результатов диагностики можно использовать метод полного перебора. Чтобы сократить время перебора предполагается разработать эвристические алгоритмы на основе правил вывода, имеющих интерпретации в исследуемой предметной области. Данные алгоритмы позволят реализовать механизм отсека в процессе перебора, сократив время работы до полиномиального.

Библиографический список

1. Дубовцев, Н. В. Исследование потенциального рынка услуг технического обслуживания и ремонта автомобилей [Электронный ресурс] / Н. В. Дубовцев, Ю. А. Шапошников // Наука и молодежь – 2014 : 11-я Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – Режим доступа: http://edu.secna.ru/media/f/transport_sistem_sod_2014.pdf.
2. Динамика авторыннка России по брендам за 9 месяцев 2017 года [Эл. ресурс] // АВТОСТАТ. Аналитическое агентство / ООО «Автомобильная статистика». – Тольятти, 2005-2017. URL: <https://www.autostat.ru/infographics/31672/>.
3. Статистика и рейтинги продаж автомобилей в России в 2017 году [Эл. ресурс] // GREEN WAY. Автостатистика. – Москва, 2007-2017. – URL: <http://serega.icnet.ru/cars-sales-2017-russia.html>.
4. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта [Электронный ресурс] : утв. Минавтотрансом РСФСР 20.09.84.
5. Аринин, И. Н. Техническая эксплуатация автомобилей [Текст] / И. Н. Аринин, С. И. Коновалов, Ю. В. Баженов – Изд. 2-е – Ростов-на-Дону : Феникс, 2007. – 314 с.
6. Шапошников Ю.А., Романов Р.И. Управление техническим состоянием транспортно-технологических машин включением информационно-советующих систем в процесс технического обслуживания и ремонта // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. – Воронеж, 2016. – Т. 3, № 1 (4). – С. 489–493.
7. Suloeva, E. S. Decisions Baised on the Results of Comporisons of Standard / Suloeva, E. S., Tsvetkov, E. I., Rzieva, M. T. // Measurement Techniques. – 2014. – Vol. 57, № 7. – P. 733-739.
8. Арский, Ю. М. Принципы конструирования интеллектуальных систем / Ю. М. Арский, В. К. Финн // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2008. – № 4. – С. 4–37.
9. Дударь, Д. Б. Keyword Protocol 2000. Спецификация канала связи с диагностическим оборудованием – Уровень обмена данными // АО «АвтоВАЗ», Генеральный департамент развития, Управление проектирования электроники и электрооборудования. – Тольятти, 2000. – 38 с.
10. Адаменко, А. Н. Логическое программирование и Visual Prolog / А. Н. Адаменко, А. М. Кучуков – Санкт-Петербург : БХВ–Петербург, 2003. – 992 с.
11. Сергеев, Д. В. Применение средств логики предикатов для структурирования результатов диагностики автомобиля / Д. В. Сергеев, Ю. А. Шапошников // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2010. – № 6. – С. 3–7.

Макарова И.В.

доктор технических наук, профессор,
зав. кафедрой «Сервис
транспортных систем»,
Казанский (Приволжский)
федеральный университет,
Набережные Челны, РФ

Габсалихова Л.М.

канд. техн. наук,
доцент кафедры «Сервис
транспортных систем»,
Казанский (Приволжский)
федеральный университет,
Набережные Челны, РФ

Мухаметдинов Э.М.

канд. техн. наук,
доцент, доцент кафедры «Сервис
транспортных систем»,
Казанский (Приволжский)
федеральный университет,
Набережные Челны, РФ

Садыгова Г.Р.

старший преподаватель кафедры
«Сервис транспортных систем»
Казанский (Приволжский)
федеральный университет,
Набережные Челны, РФ

Makarova I.V.

Doctor of Sciences (Tech.), Professor,
acting head of department
«Service of transport systems»,
Kazan Federal University,
Naberezhnye Chelny, Russia

Gabsalikhova L.M.

Candidate of Sciences (Tech.),
associate professor of the department
«Service of transport systems»,
Kazan Federal University,
Naberezhnye Chelny, Russia

Mukhametdinov E.M.

Candidate of Sciences (Tech.),
Associate Professor,
associate professor of the department
«Service of transport systems»,
Kazan Federal University,
Naberezhnye Chelny, Russia

Sadygova G.R.

senior lecturer of the department
«Service of transport systems»,
Kazan Federal University,
Naberezhnye Chelny, Russia

**РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ ФИРМЕННОГО СЕРВИСА КАК СРЕДСТВО
ДЛЯ ВЫХОДА НА РЫНОК ЭКОЛОГИЧНОГО И
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО АВТОТРАНСПОРТА**

**DEVELOPMENT OF THE SYSTEM OF FIRM SERVICE AS A MEANS FOR A
ACCESS TO THE MARKET THE ENVIRONMENTAL AND ENERGY
EFFICIENT MOTOR TRANSPORT**

Ключевые слова: газобаллонные автомобили, эксплуатация, автомобильная
газонаполнительная компрессорная станция, гибридный автомобиль, сервис

Keywords: compressed-gas vehicles, exploitation, automobile gas filling compressor
stations, hybrid vehicle, service

Статья посвящена вопросам особенностей эксплуатации газобаллонных автомобилей
и развития рынка гибридных транспортных средств. Показано, что для формирования рынка
автомобилей на природном газе необходимо развивать обслуживающую инфраструктуру.
Рассмотрены вопросы обеспечения необходимого качества обслуживания газобаллонных

автомобилей. Выделены необходимые меры государственной поддержки для развития парка экологичного транспорта. Показана обеспеченность инфраструктурой для автомобилей на различных видах топлива.

Article is devoted to questions of peculiarities operation of compressed-gas vehicles and market development hybrid transport of means. It is shown that for the formation of a of the market of cars on natural gas it is necessary to develop the infrastructure. Questions of providing the quality on service of compressed-gas vehicles are considered. The article highlights allocation of a state support measures are needed for the development of an park the ecological transport. The provision of infrastructure for vehicles on different types of fuel are shown in article are considered.

Введение.

Обеспеченность страны энергоресурсами напрямую влияет на ее экономическое развитие. При современном уровне насыщения мегаполисов автотранспортом все большее внимание уделяется снижению им выбросов вредных веществ в окружающую среду. Резервы повышения топливной экономичности на традиционных автомобилях исчерпываются [1, с.38], поэтому необходимы принципиально новые решения. Согласно стратегии развития автомобильной промышленности Российской Федерации на период до 2025 года приоритетными направлениями инновационного развития автомобилестроения в Российской Федерации в соответствии с мировыми трендами являются [2, с.15]:

- технологии электрификации транспортных средств (электромобили, гибриды);
- технологии автономизации и роботизации транспортных средств;
- интеллектуальные системы безопасности и управления;
- телематические транспортные системы;
- технологии информатизации и компьютеризации;
- автомобильная техника для Арктики и районов Крайнего Севера;
- технологии экологической (включая альтернативные топлива и оптимизацию традиционных решений), пассивной, активной безопасности и обеспечения утилизации;
- новые технологии проектирования, моделирования, создания и производства транспортных средств;
- гибкие и адаптивные производственные технологии.

Условия для перехода к экологичному транспорту.

К 2025 году глобальные тенденции по изменению потребительских предпочтений окажут влияние на структуру российского рынка автомобильной техники. Неизбежно возникнет потребность в продуктах с принципиально новыми свойствами, такими как, электромобили, автономные транспортные средства, транспортные средства с сетевыми возможностями и автомобили, использующие альтернативные виды топлива. Как следствие, можно ожидать изменения характера глобальных автомобильных рынков, смещения центров прибыли в пользу производителей высокотехнологических компонентов, изменения поведения потребителей, распространения передовых технологий, а также возникновения новых моделей конкуренции и сотрудничества.

Одним из приоритетов в развитии транспортной системы будет снижение ее вредного воздействия на окружающую среду за счет роста доли в автопарке экономичных и экологически чистых транспортных средств, переключения транспортных средств на экологичные виды топлива, включая природный газ. [3, с. 2]

Для развития российского рынка газобаллонных автомобилей (ГБА) на сжиженном природном газе (СПГ) необходимо развивать инфраструктуру: системы заправочных сетей и доставки топлива, количество диагностических и сервисных центров, повышать квалификацию персонала. Помимо этого, производители такой техники решают вопросы обеспечения надежности своих автомобилей, в особенности, в гарантийный период эксплуатации.

Расширение рынка автомобилей на природном газе.

Одним из приоритетных и наиболее перспективных направлений развития национальной экономики России является газовая индустрия. По словам генерального директора ООО «Газпром газомоторное топливо» Михаила Лихачева [4, с.1] развитию рынка газомоторного топлива мешал ряд проблем:

- неразвитая и разрозненная инфраструктура с концентрацией в отдельных регионах;
- устаревшая законодательная база;
- малое количество транспорта на метане.

Положительное влияние на газовую индустрию России оказывает развитие рынка газомоторного топлива. Так, ведущие мировые и российские автопроизводители выпускают более 80 моделей автомобилей, автобусов и других видов транспорта, работающих на природном газе. Группа ГАЗ, КАМАЗ – лидеры в сегменте грузового и легкого коммерческого транспорта, АВТОВАЗ анонсировал запуск производства первого серийного легкового автомобиля LADA Vesta CNG, ведется работа по запуску серийных метановых автомобилей Granta и Largus. В ближайшее время должна быть создана критическая масса автомобилей – не менее полумиллиона единиц без учета выбытия. Сейчас газомоторный автопарк составляет порядка 150 тыс. единиц техники.

На данный момент в собственности Группы «Газпром» находятся 162 автомобильные газонаполнительные компрессорные станции (АГНКС), два комплекса сжижения природного газа в Калининграде и Петергофе, а также Московский газоперерабатывающий завод. Были созданы 50 новых газозаправочных объектов с перспективой объединения локальных рынков в единую федеральную сеть АГНКС.

Существенным фактором, влияющим на расширение рынка экологичного транспорта, оказывают меры, предпринимаемые государством. Так, авторы статьи [5, с. 126] указывают на значимость государственных мер по продвижению транспортных средств на природном газе. Сравнивается правительственная политика разных стран в этом направлении. Для решения проблемы законодательной базы в РФ были разработаны механизмы субсидирования производителей техники, работающей на природном газе. Правительство утвердило Комплексный план мероприятий по расширению использования природного газа в качестве моторного топлива. Был разработан проект государственной програм-

мы по переводу транспорта на газомоторное топливо, актуализированы требования пожарной и промышленной безопасности, санитарные требования к объектам производства и потребления газомоторного топлива, отменено государственное регулирование цен на КПП.

В 2017 году Президентом Российской Федерации были утверждены изменения в законодательстве о промышленной безопасности опасных производственных объектов, предусматривающие перевод АГНКС из третьего в четвертый класс опасности, что позволит сократить сроки ввода новых объектов и снизить издержки при эксплуатации действующих АГНКС. Утверждение национального стандарта (ГОСТ Р 57433–2017 «Использование природного газа в качестве моторного топлива. Термины и определения» от 31 марта 2017 года), который содержит терминологическую базу в области газомоторного топлива, позволит совершенствовать нормативное регулирование газомоторной отрасли.

Актуальной является также проблема обеспечения необходимого качества обслуживания ГБА в существующих сервисных центрах. Это связано со специфическими особенностями технологических процессов технического обслуживания и текущего ремонта (ТО и ТР) ГБА, работающих на КПП [6, с. 16].

На территории сервисного предприятия должны быть организованы:

- пост проверки герметичности газобаллонного оборудования (ГБО);
- пост выпуска (аккумулирования) газа и дегазации баллонов;
- специализированный участок по ТО и ТР газовой аппаратуры;
- склад для хранения опорожненных дегазированных автомобильных баллонов для КПП;
- открытые площадки для хранения ГБА.

Технологический процесс первого технического обслуживания ТО-1 ГБО представлен на рисунке 1.

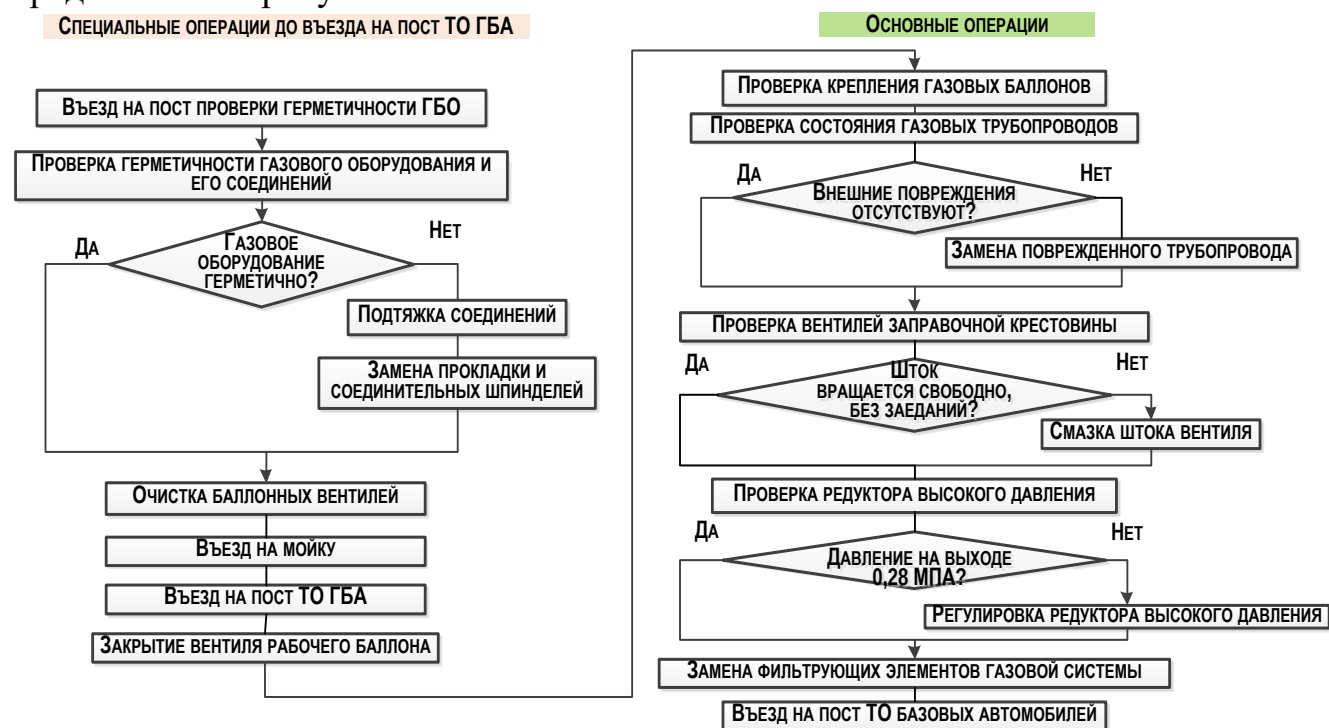


Рисунок 1 - Технологический процесс технического обслуживания ГБО

Для эффективного решения транспортных задач, стоящих перед российскими автоперевозчиками, ПАО «КАМАЗ» освоено производство газобаллонных автомобилей (ГБА) и автобусов, работающих на сжатом природном газе (КПГ). В их конструкции применены передовые технические решения, которые существенно уменьшают неблагоприятное воздействие автотехники на окружающую среду. Особенностью конструкции газовых двигателей (820.73, 820.74, 820.60, 820.61) является наличие турбонаддува, охладителя наддувочного воздуха, электронного управления и системы нейтрализации отработавших газов. Опыт эксплуатации автомобилей КАМАЗ, показывает, что основные отказы по газовым двигателям в гарантийный период эксплуатации приходятся на первые 8000 км пробега [7, с 26].

Поскольку наибольшее число рекламаций, связанных с отказами газовых двигателей, вызвано с дефектами свечей и катушек зажигания, дозаторов газа, датчиков фазы и включения электромагнитной муфты, необходимо исследовать причины возникновения отказов. Результатами исследования должны стать рекомендации:

- для производителей - по повышению качества и надежности указанных элементов конструкции;
- для владельцев транспортных средств – по особенностям эксплуатации;
- для специалистов по сервису – по совершенствованию технического обслуживания.

Перспективы расширения рынка гибридных автомобилей.

На сегодняшний день в России практически отсутствует рынок грузовых автомобилей с гибридным приводом, в то время как рынок легковых гибридов начинает набирать популярность. На российском рынке представлены модели гибридных автомобилей от таких мировых производителей, как Toyota и Lexus, Audi, BMW, Mercedes-Benz, Porsche, Volkswagen, Cadillac.

По данным ГИБДД на конец 2014 года в РФ было зарегистрировано 16,436 гибридных автомобилей, в то время как в Европе количество гибридных автомашин составляет 35% от общей численности парка автотранспорта [8, с. 2].

Существенным стимулом для развития автомобилестроения гибридов послужило появление бортовых компьютеров, способных управлять работой всех имеющихся двигателей. Основные преимущества гибридов:

- Значительная экономия топлива и возможность практически не пользоваться заправками.
- Экологичность и снижение вредных выбросов в атмосферу, что особенно актуально в современном мире.

Факторы, сдерживающие развитие рынка гибридов в России:

- Высокая рыночная стоимость по сравнению с дизельными аналогами, дороговизна [9, с. 20]. Высоковольтной батареи, инвертора и электромоторы-генераторы силовой установки увеличивают стоимость автомобиля на 30%.
- Довольно большая масса автомобиля.

- Сложность в ремонте и обслуживании. Техническое сопровождение эксплуатируемых гибридных автомобилей со стороны ведущих автопроизводителей в настоящее время недостаточно организовано. В результате персонал автосервисных предприятий не располагает возможностями для проведения качественного обслуживания и ремонта. Обновление автомобильного парка современными моделями транспортных средств идет медленными темпами в связи с трудностями, возникающими при эксплуатации гибридных автомобилей [10, с. 50].
- Необходимость подзарядки электробатарей.
- Отсутствие специализированных автоцентров и сети станций подзарядки аккумуляторных батарей.
- В России имеется один сервисный центр, занимающийся подготовкой специалистов по ремонту и обслуживанию гибридных автомобилей.
- Отсутствие нормативных документов регламентирующих эксплуатацию и обслуживание гибридных транспортных средств.
- Особенности климатических и дорожных условий эксплуатации, не рассчитанных на эксплуатацию гибридных автомобилей.

По словам президента альянса Renault-Nissan Карлоса Гона [11, с. 6], развитие рынка гибридных автомобилей без поддержки государства невозможно. Можно утверждать, что на данный момент времени серийного производства гибридных автомобилей в России нет, следовательно, существующих мер государственной поддержки явно не достаточно. Безусловно, сложившаяся ситуация не благоприятна для российского автопрома и открывает дорогу более сильным и развитым иностранным автопроизводителям. Но, несмотря на это, возможность побороться за рынок продаж гибридных автомобилей есть и у отечественных производителей. Так, автор статьи [10, с. 52] указывает на следующие необходимы меры государственной поддержки, как:

- стимулирование производства автомобилей с энергоэффективными двигателями – за счет установления акцизного налога по критериям, учитывающим, не только максимальную мощность двигателя, но его тип и нормативный расход топлива;
- стимулирование приобретения новых гибридных автомобилей – за счет частичного субсидирования их покупки со стороны государства;
- стимулирование текущей эксплуатации автомобилей с энергоэффективным двигателем – за счет дифференцированных ставок транспортного налога, учитывающего экономичность автомобиля и общее количество расходуемого им топлива.

В таблице 1 приведена обеспеченность инфраструктурой для автомобилей на различных видах топлива.

Во всем мире государственные органы стремятся стимулировать развитие экологичного транспорта. В то же время, в России, на сегодняшний день, бензин и дизель фактически остаются монопольными видами моторного топлива.

Таблица 1 – Обеспеченность инфраструктурой для автомобилей на различных видах топлива, представленных на рынке РФ

Топливо	Обеспеченность инфраструктурой
Бензин	Более 70000 автозаправочных станций (АЗС). Разветвленная сервисная сеть.
Дизель	Более 70000 АЗС. Разветвленная сервисная сеть.
Сжиженный углеводородный газ	Более 1800 газозаправочных станций (ГЗС). Среднее развитие сервисной инфраструктуры. Отсутствие заводских моделей.
Гибрид	Более 70000 АЗС. Среднее развитие сервисной инфраструктуры.
Электричество	Около 40 специализированных зарядных станций. Крайне ограниченная сервисная сеть.
КПГ	250 АГНКС. Ограниченная сервисная инфраструктура.

Библиографический список

1. Шабанов, А.В. Характеристики электромобилей и тенденции развития электропривода [Текст] / А. В. Шабанов, В. В. Ломакин, А.А. Шабанов // Журнал автомобильных инженеров. – 2014. - № 3 (86). – С. 38-43.
2. Стратегия развития автомобильной промышленности Российской Федерации на период до 2025 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://economy.gov.ru/minec/about/structure/depsectoreconom/2017310512> – Загл. с экрана.
3. Makarova, I. V. Transition to «green» economy in Russia: Current and long-term challenges (Article) / Makarova I.V., Khabibullin R.G., Mavrin G.V., Zhdanov D.O., Mavrin V.G., Belyaev E.I., Suleymanov I.F. // Journal of Applied Engineering Science. – 2015. - Volume 13, Issue 1, P. 1-10.
4. От КПГ к EcoGas [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gazprom.ru/about/subsidiaries/interview/kpg-ecogaz/> – Загл. с экрана.
5. Khan, I.M. Policy options for the sustainable development of natural gas as transportation fuel // Energy Policy journal. – 2017. - Volume 110. – P. 126-136.
6. РД-3112199-1095-03 «Руководство по организации эксплуатации газобаллонных автомобилей, работающих на компримированном природном газе» (утв. Минтрансом РФ) // СПС КонсультантПлюс
7. Макарова, И.В. Развитие в России рынка грузовых транспортных средств на газомоторном топливе/ Макарова И.В., Хабибуллин Р.Г., Мухаметдинов Э.М., Габсалихова Л.М., Валиев И.И. // Транспорт: наука, техника, управление. – 2015. - №3. - С.25-27.
8. Автостат. Аналитическое агентство. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.autostat.ru/infographics/> – Загл. с экрана.
9. Макарова, И.В. Оценка и продвижение рынка грузовых гибридных автомобилей [Текст] / И.В. Макарова, Р.Г. Хабибуллин, Л.М. Габсалихова // Научно-информационный сборник «Транспорт, наука, техника, управление». – Москва: ВИНТИ. – 2013. - No11. - С.19-23.
10. Раков В.А. Оценка технического состояния гибридных силовых установок автомобилей. / В.А. Раков // Автотранспортное предприятие. – 2012. – №1. – С. 49-52.
11. У гибридных автомобилей в России нет будущего? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://osoko.ru/publ/avtonovosti/u_gibridnykh_avtomobilej_v_rossii_net_budushhego/2-1-0-11005 – Загл. с экрана.

© Макарова И.В., Габсалихова Л.М., Мухаметдинов Э.М., Садыгова Г.Р. 2017

Марусин Александр Вячеславович
кандидат технических наук, доцент
департамента Машиностроения и
приборостроения Инженерной
академии Российского университета
дружбы народов, РФ

Данилов И.К.
доктор технических наук, директор,
профессор департамента
Машиностроения и приборостроения
Инженерной академии Российского
университета дружбы народов, РФ

Марусин Алексей Вячеславович
ассистент кафедры «Технической
эксплуатации транспортных средств»,
аспирант кафедры «Транспортных
систем» Санкт-Петербургского
государственного архитектурно-
строительного университета, РФ

Успенский И.А.
доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Техническая
эксплуатация транспорта» Рязанского
государственного
агротехнологического университета
имени П.А. Костычева, РФ

Юхин И.А.
доктор технических наук, доцент,
доцент кафедры «Техническая
эксплуатация транспорта» Рязанского
государственного
агротехнологического университета
имени П.А. Костычева, РФ

Marusin Aleksander V.
candidate of technical sciences, associate
professor, of the department of
Mechanical engineering and Instrument
engineering of the Engineering Academy
of the RUDN University, Russian
Federation

Danilov I. K.
doctor of technical sciences, director,
professor of the department of
Mechanical engineering and Instrument
engineering of the Engineering Academy
of the RUDN University, Russian
Federation

Marusin Aleksey V.
assistant of the Department "Technical
exploitation of vehicles", the post-
graduate student of Department
"Transport systems", Saint-Petersburg
State University of Architecture and
Civil Engineering, Russian Federation

Uspensky I. A.
doctor of Technical Sciences, Professor,
Head of the Department "Technical
Operation of Transport" Ryazan State
Agrotechnological University Named
after P.A. Kostychev, Russian Federation

Yukhin I. A.
doctor of Technical Sciences, Associate
Professor, Associate Professor of the
Department "Technical Operation of
Transport" Ryazan State
Agrotechnological University Named
after P.A. Kostychev, Russian Federation

**ПЕРСПЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОРГАНИЗАЦИИ
ВОСПЛАМЕНЕНИЯ БЕДНЫХ БЕНЗОВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ В
АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ С
НЕПОСРЕДСТВЕННЫМ ВПРЫСКОМ**

PERSPECTIVE TECHNOLOGY OF ORGANIZATION OF IGNITION OF POOR BANDWIDTH MIXTURES IN AUTOTRACTOR ENGINES OF INTERNAL COMBUSTION WITH DIRECT INJECTION

Ключевые слова: лазерно-искровое зажигание, системы зажигания, топливовоздушная смесь, ДВС, система зажигания, топливоподача.

Keywords: laser-spark ignition, ignition systems, fuel-air mixture, internal combustion engine, ignition system, fuel supply.

В работе представлена концепция использования лазерной системы зажигания в автотракторных двигателях внутреннего сгорания (ДВС) с непосредственным впрыском топлива. Эта система обеспечивает надежное и эффективное воспламенение бедной рабочей смеси ДВС с искровым зажиганием вблизи ВМТ и сопровождается уменьшением продолжительности процесса сгорания рабочей смеси, повышением максимального давления и температуры рабочего цикла, а в целом возрастанием термического к.п.д. двигателя.

In this paper, the concept of using a laser ignition system in autotractor internal combustion engines (ICE) with direct injection of fuel is presented. This system provides reliable and effective ignition of a poor working mixture of ICE with spark ignition near the TDC and is accompanied by a decrease in the duration of the combustion process of the working mixture, an increase in the maximum pressure and temperature of the operating cycle, and overall an increase in the thermal efficiency engine.

В настоящее время, в силу ужесточения экологических норм выбросов загрязняющих веществ автотракторными средствами, получили широкое распространение двигатели с непосредственным впрыском топлива [8,9,10,14]. В таких двигателях топливо подаётся непосредственно в цилиндры двигателя под высоким давлением, причем такая конструкция характерна как для систем с искровым воспламенением, так и систем с воспламенением от сжатия. Подобная конструкция двигателей внутреннего сгорания (ДВС) с искровым зажиганием обеспечила возможность реализации «послойного» впрыска топлива непосредственно в камеру сгорания. При таком впрыске каждая часть впрыскиваемого топлива, под очень высоким давлением, способна образовывать свой коэффициент избытка воздуха (λ) из обедненных смесей по всему объему цилиндра в виде «послойного пирога» [10,11,16].

Организация такой системы впрыска, за счет бедных смесей, способствует существенному снижению концентрации углекислого (CO_2) и угарного (CO) газов в выхлопе автотракторного средства, но также приводит к нежелательному появлению значительного количества трудно поддающихся нейтрализации монооксидов азота (NO_x). В целом работа ДВС на обедненных и бедных смесях способствует снижению расхода топлива и позволяет сохранить более чистую окружающую среду, что является приоритетным экологическим направлением дальнейшего развития систем впрыска [10,12,14,15,16]. Однако, реализация искрового воспламенения таких бедных смесей с помощью свечей зажигания становится ненадежным, в силу возможных пропусков зажигания цикловых зарядов, которые приводят к нестабильной работе ДВС преждевременному выходу его из строя [14,18,19,20].

Надежность зажигания при этом характеризуется по энергии, форме и длине искры, вторичному напряжению, времени горения искрового разряда, количеству образования цикловых высоковольтных искр и т. д. В свою очередь энергию высоковольтной искры определяют такие факторы как напряжение, сила тока и время горения [7,13,16]. В силу вышесказанного, можно заключить, что надежность зажигания определяется вторичным напряжением автотрансформатора и характеризуется индуктивной или емкостной составляющими искрового разряда, которым, в свою очередь, характерны неуправляемые энергетические параметры воспламенения рабочей смеси.

У емкостной составляющей искрового разряда в фазе пробоя имеются благоприятные энергетические характеристики для процесса воспламенения, но она протекает чрезвычайно быстро (примерно за 10^{-7} сек), а существующие конструкции систем зажигания не позволяют увеличить это время.

У индуктивной составляющей время искрового разряда в фазе пробоя более продолжительное, но энергетические характеристики имеют неудовлетворительные показатели, т.к. форма импульса неблагоприятна для удержания активных центров предпламенных реакций, а это замедляет реакцию воспламенения бедной смеси или вообще её пропускает [3,13,20].

Система зажигания непрерывно совершенствуется, но, к сожалению, проблема стабильности воспламенения обедненной смеси двигателей с искровым зажиганием, в том числе и оснащенных электронной системой автоматического управления впрыском и зажиганием (ЭСАУ) не решена полностью [16,17,19].

Российским специалистам удалось достичь больших мощностей в любой точке объёма камеры сгорания и получить импульсы энергии различной длительности за счёт разработки способа и устройства для воспламенения обедненной рабочей смеси с помощью концентрированного источника энергии. Работа данной системы зажигания основана на гипотезе воспламенения смеси с помощью когерентного генератора оптического диапазона, в котором используется явление усиления электромагнитных колебаний при помощи индуцированного излучения.

По данной гипотезе, надежность воспламенения и сгорание рабочей смеси зависит от предварительной энергетической подготовки смеси, а не от мощности искрового разряда свечи зажигания. В рамках гипотезы рабочую смесь перед воспламенением необходимо разогреть высокоэнергетическим источником пониженной мощности, что позволит максимально приблизить воспламенение смеси к области ВМТ.

Проведённый анализ показал, что для воспламенения бедной рабочей смеси наиболее перспективным источником энергии является мощный полупроводниковый лазер с излучением электромагнитных волн оптического диапазона, луч которого обеспечивает высокую концентрацию энергии, существенно превосходящие другие источники тепловой энергии [1,2,3].

Лазер - это оптический квантовый генератор. Он является источником монохроматического, когерентного, направленного излучения (рисунок 1), принцип его действия описан в работах [4,5,6].

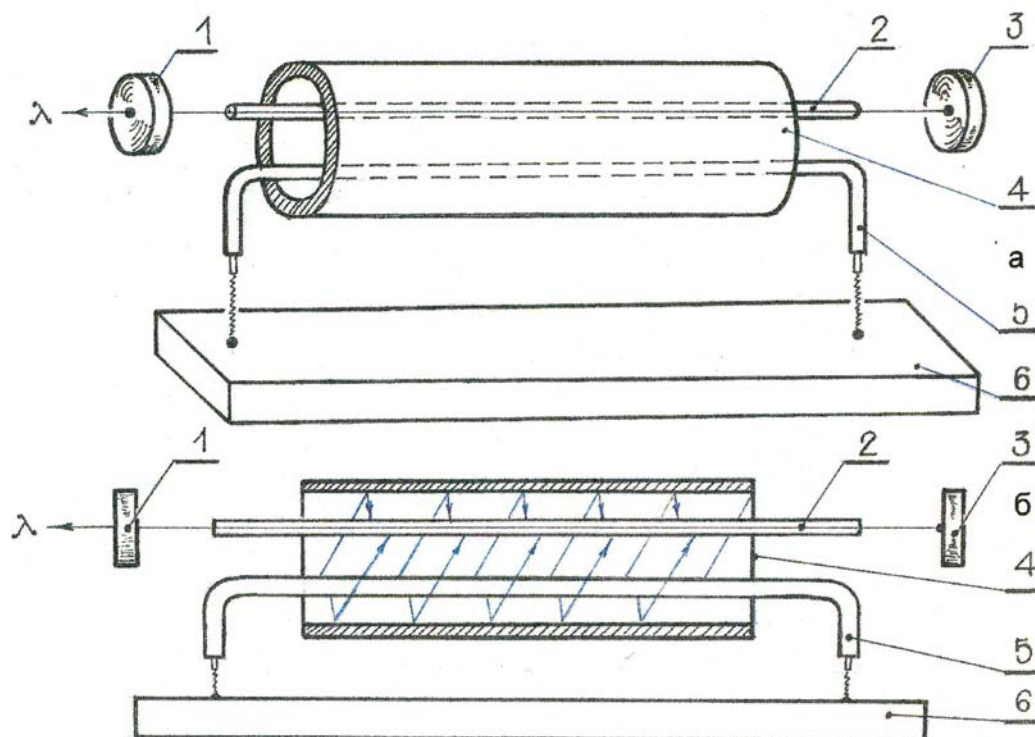


Рисунок 1 - Устройство и принцип действия лазера

1 - полупрозрачное зеркало; 2 - активное вещество (рубин); 3 - непрозрачное зеркало; 4 - рефлектор; 5 - источник накачки (импульсная газоразрядная лампа); 6 - Электронный блок питания (ЭБП)

Лазерный луч выделяет тепловую и кинетическую энергию нагревая рабочую смесь, повышая подвижность её молекул и скорость протекания химической реакции окисления. Формируются высокоэнергетические цепные реакции окисления топлива, порождающие перекиси углеводородов, которые способствуют резкому увеличению скорости суммарной реакции воспламенения смеси [5].

На этом направлении работает лазерная система зажигания (рис. 2).

При одинаковых условиях работы применение лазерной системы зажигания на $2 \cdot 10^{-3}$ сек для разогрева позволит обеспечить стабильное воспламенение рабочей смеси при $\lambda=1,8$, а при увеличении продолжительности работы лазера ещё на $3 \cdot 10^{-3}$ сек от начала подачи высоковольтного разряда, то стабильная работа двигателя будет сохраняться до $\lambda=1,9...2,0$.

Таким образом лазерная система зажигания в начале формирует предварительный подогрев бедной рабочей смеси с помощью лазерного разогревающего импульса, а затем воспламеняет подогретую смесь с помощью лазерного поджигающего импульса. Организация двухфазного воспламенения рабочей смеси качественно изменяет сущность рабочего процесса традиционного ДВС с искровым зажиганием, т.е. улучшаются параметры горения смеси и снижаются суммарные выбросы углеводородов и оксидов азота - до 0,27 г/км; выбросы монооксида углерода - до 1,2 г/км и расход топлива на 8... 10%, одновременно повышая к.п.д. двигателя на 0,5%. Следовательно, применение лазерной установки позволяет устранить недостатки емкостной и индуктивной составляю-

щих высоковольтного разряда, характерных для традиционных систем зажигания.

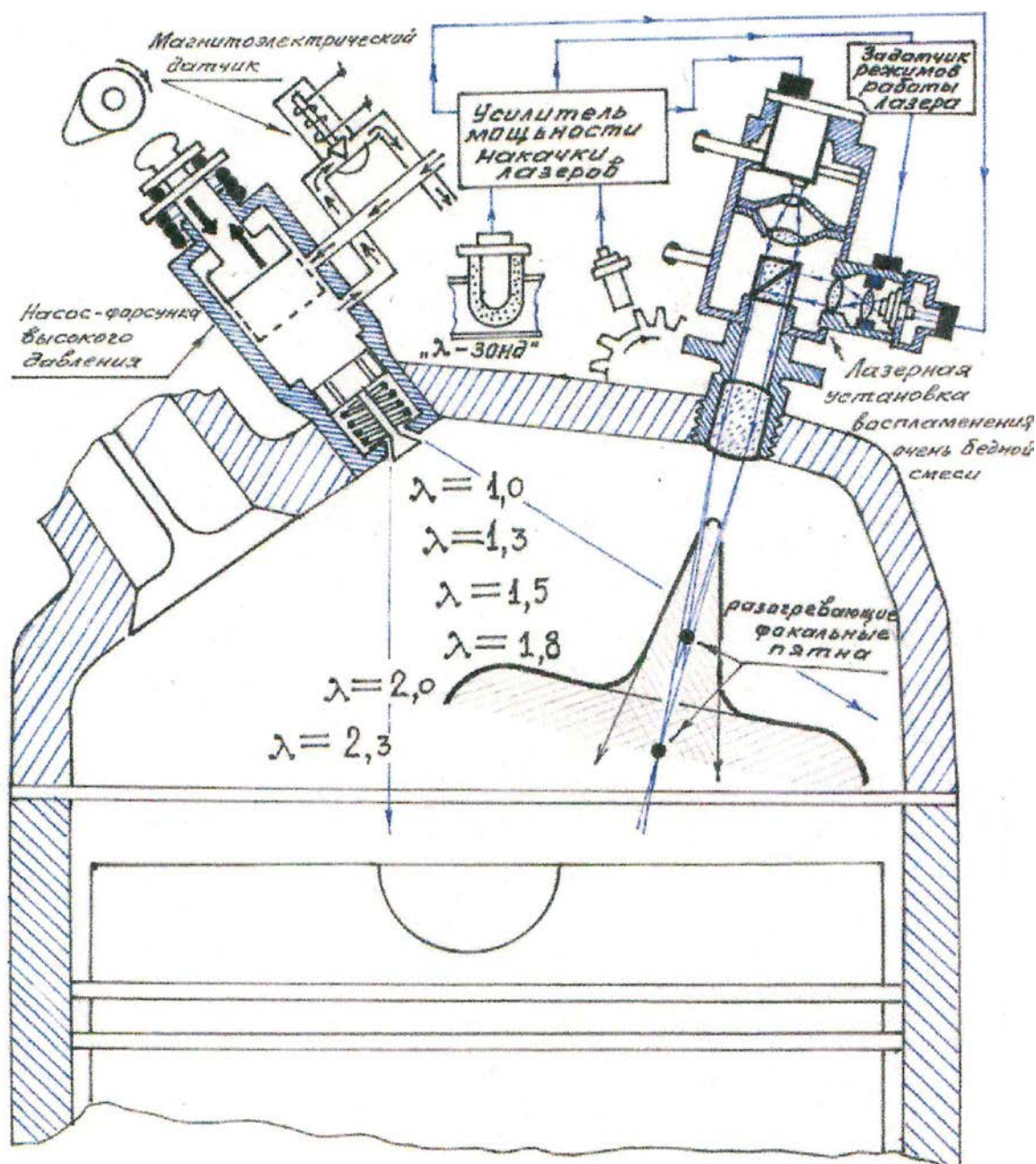


Рисунок 2 – принципиальная схема лазерной системы зажигания бедной рабочей смеси в ДВС с непосредственным впрыском

Библиографический список

1. Гардинер, У. Химия горения / У. Гардинер, Г. Диксон-Льюис, Р. Цельнер [и др.]. Пер. с англ.; под ред. У. Гардинера, – М.: Мир, 1988. – 464 с
2. Гирявец, А.К. Теория управления автомобильным бензиновым двигателем / А. К. Гирявец. – М.: Стройиздат, 1997. – 173 с.
3. Гирявец, А.К. Улучшение эксплуатационных показателей автомобилей путём научного обоснования и создания систем управления рабочими процессами двигателей с искровым зажиганием: автореф. дис. в форме научного доклада д-ра. техн. наук: 05.04.02, 05.20.03 / Гирявец Александр Константинович. – СПб., Пушкин, 1999. – 28 с.
4. Лазеры и их применение. АН СССР. Труды физического института им. Лебедев. – М.: Наука, 1974,- 229 с.

5. Лазерная техника и технология. - М.: Высшая школа, 1987. – 245 с. Под ред. Григорьянца.
 6. Лазеры. Оптические когерентные квантовые генераторы и усилители. Сборник статей. АН СССР. Труды физ. института им. Лебедева. - М.: Наука, 1980. – 241 с.
 7. Двигатели внутреннего сгорания. Кн. 1. Теория рабочих процессов: учебник для вузов / В.Н. Луканин, К.А. Морозов, А.С. Хачиян [и др.]; под ред. В.Н. Луканина и М.Г. Шатрова. – 3-е изд., перераб и испр. – М.: Высшая школа, 2007. – 479 с.
 8. Директива 2001/100/СЕ Европейского парламента и Совета от 7 декабря 2001г., содержащая изменения директивы 70/220/ЕЭС Совета по сближению законодательств стран-членов, по принятию мер против загрязнения окружающего воздуха выхлопными газами транспортных средств с двигателем. – 2001. – 209 с.
 9. Директива Комиссии 2003/76/ЕС от 11 августа 2003 г., дополняющая Директиву 70/220ЕЭС относительно мероприятий, применяемых против загрязнения воздушной среды выхлопными газами моторных транспортных средств. – 2003. – 3 с.
 10. Ерохов, В.И. Системы впрыска бензиновых двигателей. Конструкция, расчёт, диагностика: учебник для ВУЗов. / В.И. Ерохов – М.: Горячая линия. - Телеком. – 2011. – 553 с.
 11. Зорин, В.Д. Влияние расслоения обеднённой метановоздушной смеси в области электродов свечи зажигания на процессы её воспламенения и горения: автореф. дис. ... канд. техн. наук 05.04.02 / Зорин Владимир Дмитриевич. – Волгоград, ВГТУ, 2003. – 18 с.
 12. Кульчицкий, А.Р. Токсичность автомобильных и тракторных двигателей: учебн. пос. для высшей школы. – 2-е изд., испр. и доп. / А.Р. Кульчицкий. – М.: Академический проект, 2004. – 400 с.
 13. Матиевский, Д.Д. Новый подход к проблеме моделирования сгорания смеси в ДВС с искровым зажиганием [Электронный ресурс] / Д.Д. Матиевский, П.К. Сеначин, М.Ю. Свердлов, М.А. Ильина // – 1999. – 20 с. – Режим доступа: http://aomai.secna.ru:8080/Books/Files/1999-02/HTML/12/pap_12.html.
 14. Основы проектирования вспомогательных технологических процессов технического обслуживания и ремонта автотранспорта, сельскохозяйственных, дорожных и специальных машин: 2-ое издание [Текст]: Учебное пособие по курсу «Технологические процессы технического обслуживания и ремонта транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования» для студентов направления подготовки 23.03.03 – Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов/ И.А. Успенский [и др.]. Рязань: Изд. ФГБОУ ВО РГТУ, 2017. – 204 с.: ил.
 15. Системы управления бензиновыми двигателями. Перевод с немецкого. Первое русское издание. – М.: ООО «Книжное издательство «За рулём», 2005. – 432 с.
 16. Успенский, И.А. Перспективы развития транспортной техники для внутрихозяйственных перевозок плодоовощной продукции в агропромышленном комплексе [Текст]: монография / И.А. Успенский, К.А. Жуков, Э.А. Зейналов, В.А. Шафоростов, И.А. Юхин – ФГБОУ ВПО РГТУ. Рязань, 2015. – 349 с.
 17. Шишков, В.А. Расчёт параметров воздушнотопливной смеси, токсичности отработавших газов и расхода топлива поршневого двигателя внутреннего сгорания: методические указания к курсовой работе / В.А. Шишков – Самара: Изд. Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С.П.Королева, 2007. – 36 с.
 18. B.N. Salimov, A.N. Vinogradov, D.K. Kushaliev, A.M. Hamsin, N.B. Adilova, K.A. Narikov. Development of new friction bearing for swinging movement in knots of transport equipment and its processing by superfinishing // Life Science Journsl. -2014, 11(1s)-P.286-290
 19. Mit neuer energie / Mot, 2004, № 16. – p. 50-56.
 20. [url=http://www.barque.ru/engine/1991/modern_electronic_ignition_system]
Современные электронные системы зажигания[url] - статья из раздела Моторы на www.Barque.ru
- © Марусин Александр Вячеславович, Данилов И.К., Марусин Алексей Вячеславович,
Успенский И.А., Юхин И.А., 2017

Мустафаев И.С.

студент 3 курса института транспорта
и логистики

Владивостокского

государственного университета

экономики и сервиса, РФ

Чубенко Е.Ф.

канд. техн. наук, доцент кафедры

транспортных процессов и

технологий Владивостокского

государственного университета

экономики и сервиса, РФ

Mustafaev I.S.

3rd year student of the Institute of
transport and logistics, Vladivostok state

University of Economics and service,

Russian Federation

Chubenko E.F.

Candidate of technical Sciences,

associate Professor of the transport

processes and technologies department,

Vladivostok state University of

Economics and service,

Russian Federation

РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МАСШТАБИРОВАННОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ МОДЕЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ

THE DEVELOPMENT OF A SCALED EXPERIMENTAL SETUP FOR CARRYING OUT AERODYNAMIC TESTS OF MODELS OF CARS

Ключевые слова: аэродинамика, труба, воздух, эксперимент, автомобиль, диффузор, вентилятор.

Keywords: aerodynamics, pipe, air, experiment, car, diffuser, fan.

Для исследования аэродинамических характеристик автомобилей, а также для определения наиболее оптимальной формы кузова применяются аэродинамические трубы, предназначенные для установления различных компонентов воздушного сопротивления. На сегодняшний день наиболее распространенными являются специальные уменьшенные аэродинамические трубы для испытания масштабированных моделей автомобилей, что значительно упрощает задачу, удешевляет проведение эксперимента и позволяет достигать наиболее эффективных и точных результатов.

To study the aerodynamic characteristics of cars, as well as to determine the most optimal form of the body, aerodynamic pipes are used, designed to establish various components of air resistance. To date, the most common are special reduced wind tunnels for testing scaled car models, which greatly simplifies the task, reduces the cost of the experiment and allows you to achieve the most effective and accurate results.

В настоящий момент времени на существующем уровне развития автомобилестроения выделяется и становится особенно актуальной проблема не только достижения, требуемых динамических и эксплуатационных свойств автомобиля, но и расхода топлива. Известно, что уменьшение аэродинамического сопротивления автомобиля на 10 % влечет снижение расхода топлива до 5% [5, с. 21]. В связи с этим приобретают значимость натурный дорожный эксперимент и расчетные методы. Однако, накопленный практический опыт показывает, что полномасштабный эксперимент является дорогостоящим и технически сложным, а расчетные методы обладают значительными погрешностями.

Особое место отводится альтернативному методу – испытаниям масштабированных моделей автомобилей в уменьшенных аэродинамических трубах для определения компонент воздушного сопротивления, что существенно облегчает изучение динамических и эксплуатационных характеристик реального автомобиля на дороге.

Аэродинамическое сопротивление модели легкового автомобиля включает в себя следующие виды сопротивлений – профильное, индуктивное, кромочное, донное, поверхностного трения, подднищевой зоны. Часть сопротивлений можно выделить в чистом виде, например, профильное. Другие составляющие определяются косвенным, расчетным путем по результатам аэродинамического эксперимента [8, с. 18].

Распределение составляющих аэродинамического сопротивления представлено в ряде работ: Вольф – Генрих Гухо. Сопротивление воздуха при движении легковых автомобилей [7]; Королев Е.В., Жамалов Р.Р., Котин А.И. Аэродинамические трубы как инструмент исследования [8]; Петрушов В.А. Новый метод определения сопротивления движению автомобиля [9]; Повх И.Л. Аэродинамический эксперимент в машиностроении [10].

Из вышеприведенных работ можно сделать выводы:

1. В исследованиях аэродинамики легковых автомобилей широко применяются масштабные модели легковых автомобилей, которые расширяют понимание фундаментальных явлений.
2. Исследуемая масштабная модель должна включать величины коэффициентов лобового сопротивления и подъемной силы.
3. Только комплексное применение экспериментальных и расчетных методов позволит наиболее полно оценить аэродинамическое состояние автомобиля.

В настоящее время при проектировании кузовов автомобилей или при их тюнинге большое внимание, кроме описанных выше, уделяется вопросу улучшения динамических характеристик, в частности управляемости [4, с. 18].

При движении транспортного средства происходит сдвиг больших объемов воздуха и сильное вихреобразование вокруг его кузова, приводящее к увеличению силы трения воздушных масс о наружную поверхность автомобиля и возникновению разности давлений спереди и сзади него [3, с. 1].

Целью данной работы является разработка масштабированной аэродинамической трубы для исследования воздушного сопротивления модели легкового автомобиля.

В результате возможно решение следующих задач:

- изготовление лабораторной масштабированной аэродинамической трубы для работы с моделью автомобиля;
- разработка способа определения составляющих аэродинамического сопротивления масштабных моделей легковых автомобилей;
- определение влияния формы масштабных моделей на аэродинамические характеристики;
- определение долей составляющих аэродинамического сопротивления при изменении формы масштабных моделей легковых автомобилей;

– разработка и проведение лабораторных испытаний для определения наименьшего коэффициента лобового сопротивления модели и прижимной силы.

Результатами проведенных экспериментов будут являться аэродинамические характеристики модели автомобиля с элементами внешнего тюнинга, изготовленными методами 3D моделирования.

На кафедре транспортных процессов и технологий ВГУЭС в лаборатории компьютерной диагностики и инструментального контроля разработана испытательная установка, состоящая из: несущей многопролетной рамы; масштабированной аэродинамической трубы; электродвигателя; нагнетающего вентилятора; ступенчатой ременной передачи; двух диффузоров; выпрямляющей решетки; неподвижной платформы с масштабированной моделью автомобиля; датчиков скорости потоков воздуха и измерительной системы (рисунок 1).

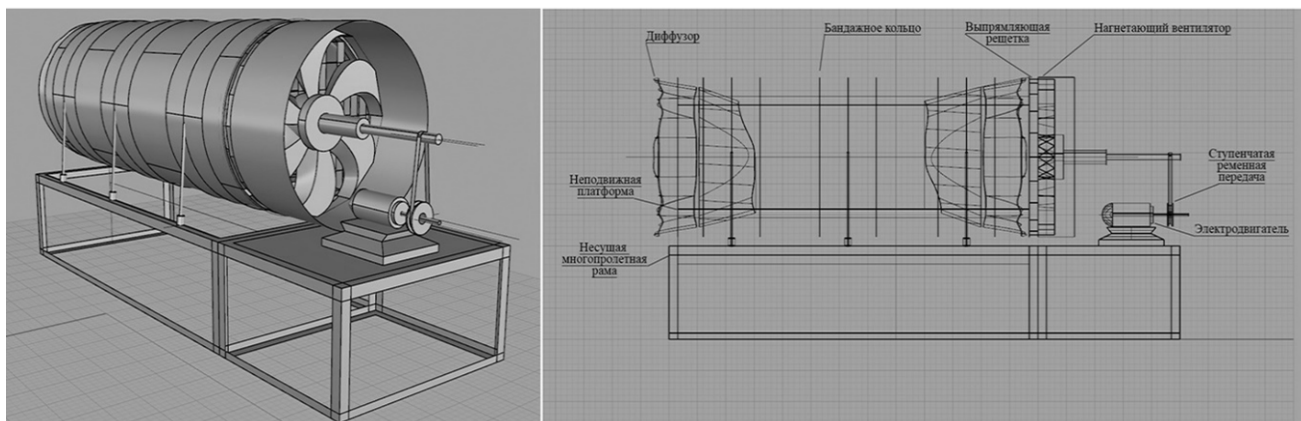


Рисунок 1 – Испытательная установка

Испытательная аэродинамическая труба (рисунок 2) изготовлена из листа оргстекла и усилена тремя металлическими бандажными кольцами, толщиной 0,2мм. Представляет собой пустотелый цилиндр с неподвижной платформой для исследуемой модели, в перспективе с бегущей лентой для имитации дороги и вращения колес.

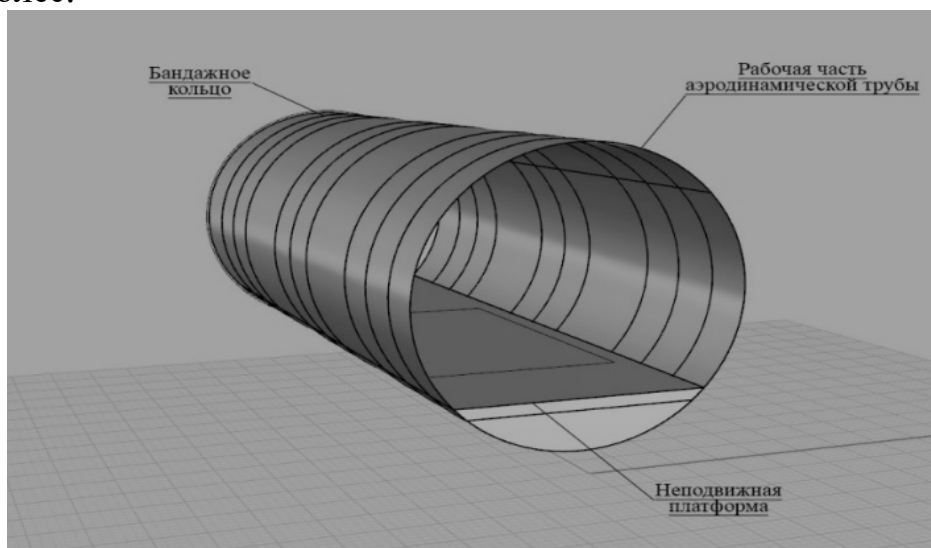


Рисунок 2 – Рабочая часть аэродинамической трубы

Несущая конструкция представляет собой многопролетную раму, изготовленную из стальных уголков 50х50мм и соединенных между собой сварными швами (рисунок 3). Несущая конструкция является основанием аэродинамической трубы и элементов механического привода. К бандажным кольцам прикреплены стержневая система стабилизации аэродинамической трубы, соединенная с помощью сайлентблоков с рамой для гашения вибраций и колебаний, создаваемых вентилятором и электродвигателем. Основой системы стабилизации являются стальные стержни диаметром 6мм и сайлентблоки резиново-металлические с диаметром наружной обоймы 30мм.

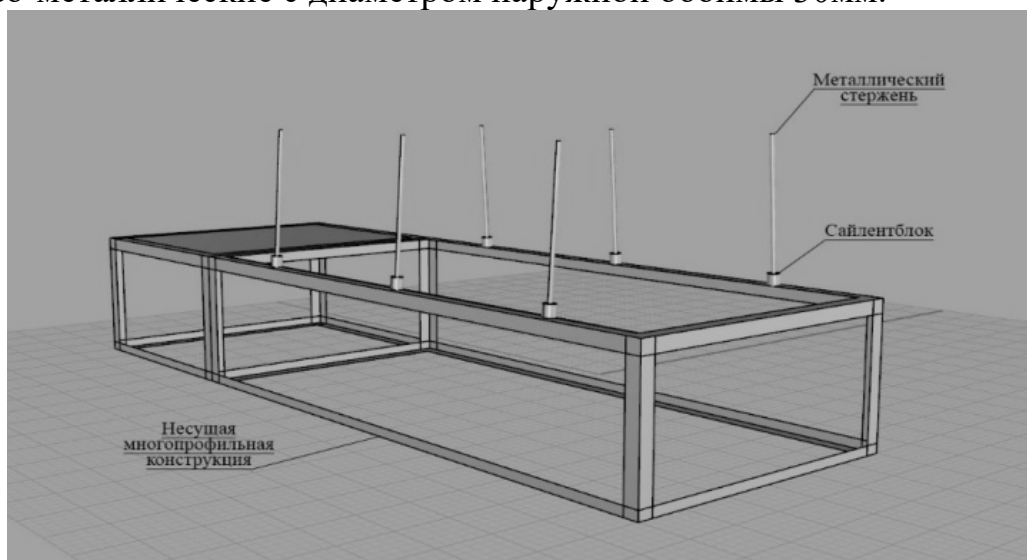


Рисунок 3 – Несущая конструкция

Диффузоры (рисунок 4) предназначены для плавного расширения воздушного потока и превращения за счет этого кинетической энергии в энергию давления воздуха [2, с. 1]. Основным параметром диффузора является угол раскрытия, который определяет степень расширения воздушного потока [7, с. 219]. Диффузоры представляют собой усеченные конусы, изготовленные из оцинкованного железа толщиной 0,1мм.

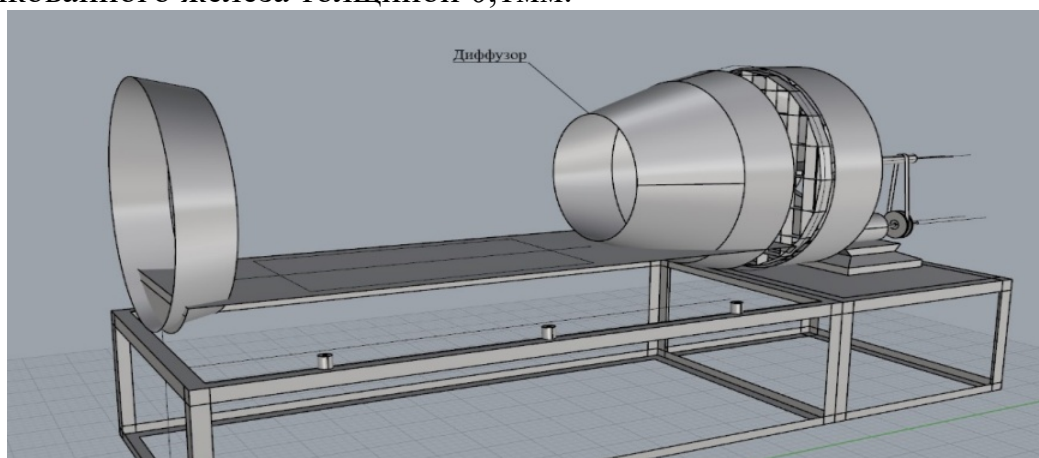


Рисунок 4 – Диффузоры

Подвесной шестилопастной нагнетающий осевой вентилятор (рисунок 5) серии HDB/HDT изготовлен из алюминия, закреплен с помощью резьбового

соединения с ведущим валом установки. Посадочный диаметр вентилятора – 21мм, производительность – 2640 м³/ч, высота – 400мм, ширина – 400мм.

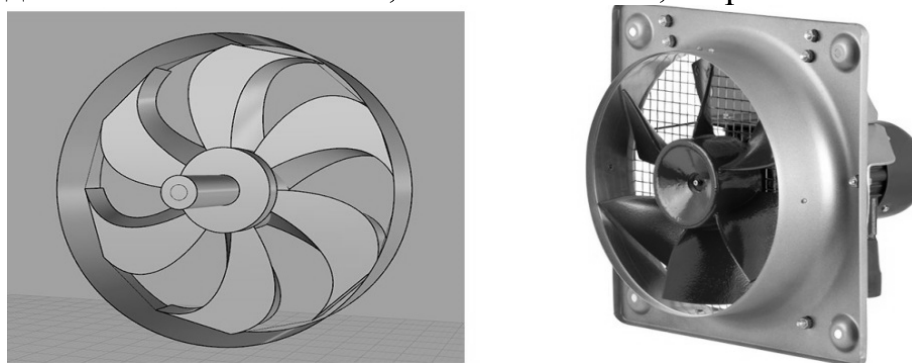


Рисунок 5 – Осевой вентилятор

Двигатель АПН011/2 –силовой, трехфазный, асинхронный, используется в связи с широкими возможностями регулирования частоты вращения (рисунок 6). Номинальная мощность – 0,08кВт, частота вращения – 3000об/мин, диаметр выходного вала – 10мм.

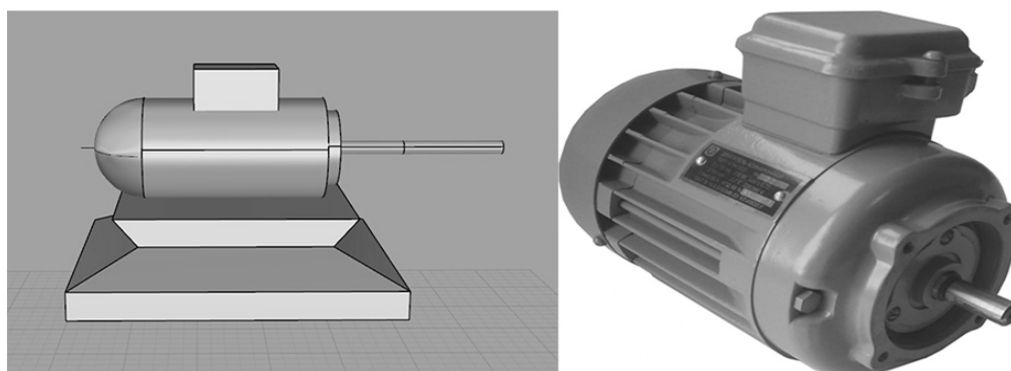


Рисунок 6 – Двигатель асинхронный

Для изменения частоты вращения нагнетающего вентилятора применен привод электродвигателя (рисунок 7), состоящий из двухступенчатого металлического шкива, диаметром – 50мм и 150мм, а также круглого резинового ремня, длина ремня – 925мм.

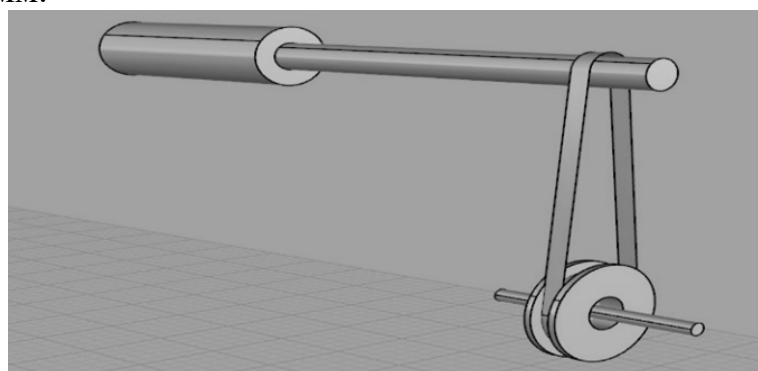


Рисунок 7 –Привод экспериментальной установки

В основу эксперимента положена масштабированная радиоуправляемая полноприводная модель автомобиля Chevrolet Camaro (рисунок 8), имеющая электрический двигатель, масляные амортизаторы с пружинами, шасси особой прочности и специальные шины [6, с. 145]. Также предполагается

использование полученных методами 3D моделирования масштабированных моделей с навесным оборудованием для тюнинга (рисунок 9) [1, с. 243].

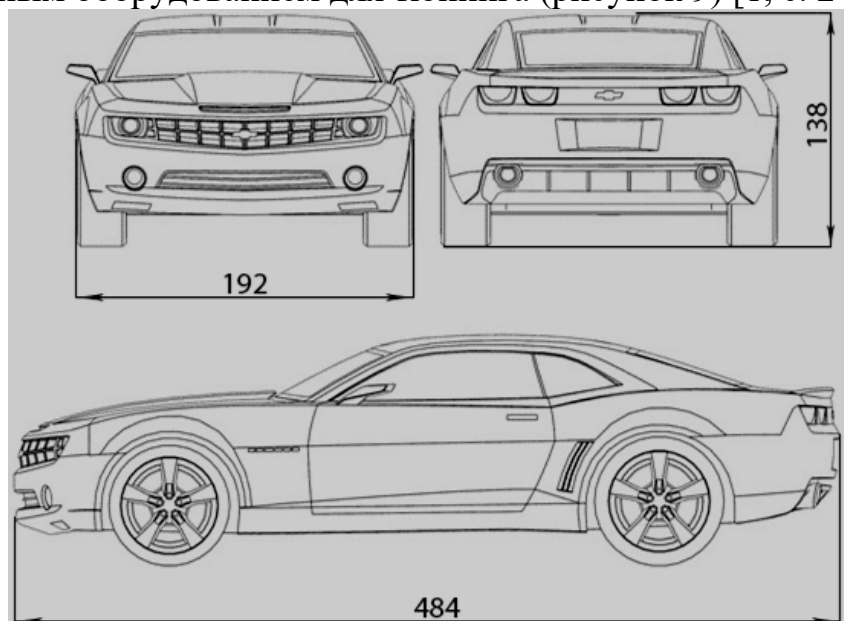


Рисунок 8 – Исследуемая модель автомобиля

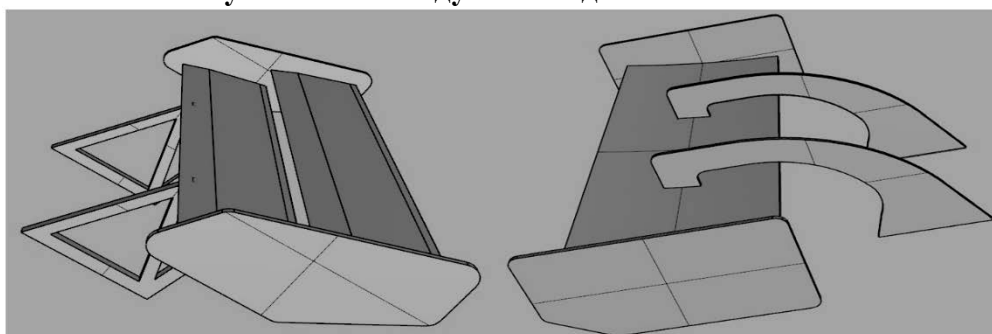


Рисунок 9 – Антикрылья

Установленный в трубе вентилятор создает поток воздуха, обтекающий исследуемую модель, помещенную в рабочую часть трубы. Поступающий в трубу воздух проходит через диффузор (или сопло), увеличивающее скорость воздушного потока вследствие плавного уменьшения проходного сечения. Для создания равномерного течения потока при входе его в рабочую часть трубы и уменьшения турбулентности перед диффузором установлены выпрямительные решетки. Силы и моменты, действующие на исследуемую модель автомобиля, измеряют при помощи специальных датчиков весового и скоростного типа [9, с. 79]. Конструкция обеспечивает поддержание в рабочей части трубы области воздушного потока возможно большего сечения, в которой сохранялось бы поле равномерных прямолинейных скоростей, а область снижения скоростей была бы возможно меньшей. Градиент статического давления по всей длине рабочей части отсутствует, что позволяет сохранять условия испытания различных частей автомобиля равноценными и обеспечивать колебания скорости воздушного потока не более 1% [10, с. 168].

Заключение

1. Разработана рабочая конструкция масштабированной аэродинамической трубы для проведения в лабораторных условиях испытаний как

имеющихся на кафедре транспортных процессов и технологий ВГУЭС моделей автомобилей, так и полученных методами 3D моделирования с навесным оборудованием для обеспечения учебного курса тюнинг автомобилей.

2. Установлен способ определения некоторых составляющих аэродинамического сопротивления для масштабированных моделей автомобилей, а также подобран метод проведения лабораторных испытаний для определения наименьшего коэффициента лобового сопротивления модели и прижимной силы, для решения технических задач об увеличении скорости автомобиля, улучшении управляемости, улучшении экономических и экологических характеристик.

3. Результатом данной работы является создание и дальнейшее развитие лабораторной базы для изучения возможностей тюнинга автомобиля и выполнения научно-исследовательских работ студентами кафедры транспортных процессов и технологий.

Авторы статьи выражают благодарность заведующему лабораторией компьютерной диагностики и инструментального контроля кафедры транспортных процессов и технологий ВГУЭС Краснокутскому С.А. за техническую помощь в создании экспериментальной установки.

Библиографический список

1. Мустафаев, И. С. Влияние внешнего дизайна автомобиля на аэродинамические характеристики [Электронный ресурс] / И. С. Мустафаев, Е. Ф. Чубенко // Электронный сборник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. – 2017. №19. – Режим доступа: http://show.vvsu.ru/conf/Сборник_ИИТ_П_Т4_2017.pdf.
2. Scopus.com – Электронная база данных научных журналов, книг и трудов конференций [Электронный ресурс] / В. В. Бернацкий, А. В. Острцов // Исследование аэродинамики автомобиля. – Москва, 2009. – Режим доступа: http://scopus.com/Scripts/irbis64r_91/cgiirbis_64.exe
3. Carlines.ru – Аэродинамические трубы для испытания автомобилей и их моделей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://carlines.ru/modules/Articles/article.php?storyid=97>. – Загл. с экрана.
4. Евграфов, А.Н. Аэродинамика автомобиля: учеб. пособие / А. Н. Евграфов. – Москва, 2010. – 356 с.
5. Михайловский, Е.В. Аэродинамика автомобиля: учеб. пособие /Е. В. Михайловский. – Москва, 1972. – 224 с.
6. Бекман, В. В. Гоночные автомобили [3е изд., перераб. и доп.] / В. В. Бекман. – Ленинград, 1980.–320 с.
7. Гухо, В. Г. Сопротивление воздуха при движении легковых автомобилей[Аэродинамика автомобиля] / В. Г. Гухо. – Москва, 1987 – 422с.
8. Королев, Е.В.Аэродинамические трубы как инструмент исследования [Вестник НГИЭИ. Вып.12] /Е.В.Королев, Р.Р.Жамалов,А.И. Котин. –Княгинино, 2012. – 122 с.
9. Петрушов, В.А. Новый метод определения сопротивления движению автомобиля [Автомобильный транспорт, №11] / В. А. Петрушов. – Москва, 1982 – 48 с.
10. Повх, И.Л. Аэродинамический эксперимент в машиностроении / И. Л. Повх. – Ленинград, 1974 – 480 с.

© Мустафаев И.С., Чубенко Е.Ф., 2018

Новиков Е.А.

аспирант кафедры «Электрическая техника» Омского государственного технического университета, РФ

Хамитов Р.Н.

доктор технических наук, профессор кафедры «Электрическая техника» Омского государственного технического университета, РФ

Novikov E.A.

Graduate student of department "Electric equipment" Omsk state Engineering University, Russian Federation

Khamitov R.N.

Doctor of technical sciences, Professor department of «Electrical technical », Omsk State Engineering University, Russian Federation

РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ЗАЩИТЫ ОТ ПЕРЕГРУЗОК ПО ТОКУ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПЕРЕДВИЖНОГО ОБЪЕКТА СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

WIRING DESIGN OF OVERLOAD PROTECTION ON CURRENT OF ELECTRICAL ENERGY CUSTOMERS OF A SPECIAL PURPOSE MOBILE OBJECT

Ключевые слова: схема защиты, передвижной объект, перегрузки по току, потребители электрической энергии.

Keywords: scheme of protection, mobile object, overload current, electrical energy customers.

В статье рассмотрен вариант построения распределительного устройства для потребителей передвижного объекта специального назначения.

In article the option of creation of the distributing device for consumers of a mobile object of a special purpose is considered.

Силовые распределительные устройства (РУ) являются обязательной частью системы электрообеспечения любого объекта, включая автономные передвижные объекты [1, с. 25]. Рассматриваемое многоканальное силовое распределительное устройство предназначено для подключения потребителей передвижного объекта по слаботочным командам системы управления (СУ) объекта с выдачей в СУ донесения о подаче питания на потребитель [2, с. 15].

В данном РУ реализованы цепи электропитания потребителей на базе исключительно устройств силовой электроники без использования электромеханических контакторов и автоматических выключателей [3, с. 34].

Актуальность разработки схемы защиты, входящей в данное РУ, обусловлена тремя основными факторами:

1. Отсутствие возможности прямого доступа к месту расположения распределительного устройства: РУ расположено на вращающейся части объекта в труднодоступном месте, исключающем возможность возврата в рабочее положение сработавших электромеханических тепловых автоматов защиты каналов;

2. Низкая механическая и пылезащитная стойкость электромеханических автоматов защиты [4, с. 56];

3. Относительно большие значения удельных параметров механических контакторов [5, с. 78]: массогабаритные; потребляемые мощности и большое (десятки Вт) тепловыделение для невентилируемого объема РУ.

Таким образом, в результате замены электромеханических узлов на электронные будет повышена стойкость оборудования к механическим воздействиям и возможно исключена необходимость применения вентиляторов вследствие малых тепловыделений силовых коммутационных элементов [6, с. 228].

В РУ применена современная элементная база – изделие УКН (устройство коммутации нагрузки), являющееся силовым ключом, в котором обеспечен полный цикл управления сборкой силовых полевых транзисторов маломощным сигналом с обеспечением полной гальванической развязки цепей управления и силовой цепи [7, с.34].

Следует отметить, что создание бесконтактных быстродействующих многофункциональных защитно-коммутационных аппаратов, обеспечивающих снабжение потребителей электроэнергией, позволяющих кардинально перестроить систему распределения, контроля и диагностики объектов на борту передвижного объекта. Это одно из современных и перспективных средств повышения технических характеристик электротехнических комплексов в составе передвижных объектов.

Таблица 1 – Основные параметры и электрические режимы УКН

Наименование параметра	Значение
Коммутируемое напряжение, В	9÷70
Коммутируемый постоянный ток, А, не более	50
Коммутируемый импульсный ток, А, не более	330
Обратный импульсный ток, А, не более 180	330
Постоянный ток потребления по цепи управления, мА, не более	15
Сопротивление в открытом состоянии (при токе не более 50 А), Ом, не более	0,004
Напряжение управления высокого уровня, В	9÷33
Напряжение управления низкого уровня, В	0÷3
Время включения/выключения, мс, не более	0,5/0,5
Время задержки включения/выключения, мс	2,5÷4,0
Сопротивление гальванической развязки между входом управления и выходом, МОм не менее	70

РУ предназначено для коммутации силовых цепей питания нагрузки по слаботочным командам, поступающим на его вход. Расположение РУ в составе передвижного объекта в труднодоступном месте во вращающемся отсеке исключает доступ к корпусу прибора, что, соответственно, исключает возможность использования электромеханических защитных устройств (управляемых с передней панели РУ) для защиты от токовых перегрузок у потребителей.

Каждый канал управления током нагрузки содержит:

- датчик тока, служащий для преобразования величины тока потребителя в напряжение управления силовым ключом;
- силовой ключ, находящийся в нормально разомкнутом состоянии и замыкающийся при поступлении на него команды управления;
- устройство управления силовым ключом, выполненное в виде платы команд с расположенными на ней электрорадиоэлементами; на каждой плате находится навесной настроечный резистор, позволяющий вводить уставку – порог срабатывания, соответствующий сигналу перегрузки с датчика тока, при котором снимается сигнал включения силового ключа; в состав платы так же

входит реле времени и запоминающее устройство, которые соответственно предназначены для пропускания кратковременного пускового тока нагрузки и запоминания выключенного состояния силового ключа; для повторного включения силового ключа необходимо снять и повторно подать команду управления силовым ключом;

– формирователь донесений, выполняющий функцию «сухого контакта» и предназначенный для подачи в СУ сигнала о наличии или отсутствии напряжения на нагрузке (соответственно включенное или выключенное состояние силового ключа); сигнал подаётся напряжением, поступающим из СУ.

В общем виде РУ должно функционировать по следующему алгоритму. Перед включением потребителей на положительную и отрицательную силовые шины РУ подается напряжения 27 В от бортовой системы электроснабжения передвижного объекта через мощные контакты вращающегося контактного устройства. В РУ от силовых шин начинает работать устройство питания, стабильное напряжение которого поступает в каналы управления током и в СУ. После этого в СУ создаются условия для подачи на РУ команд включения потребителей. Команды от СУ поступают на соединитель РУ, далее на соответствующую плату команд и с неё на включение силового ключа. После включения ключа напряжение 27 В с силовой шины поступает на соединитель питания потребителя и на формирователь донесений, а с его выхода – в СУ. Пусковой ток, возникающий при включении потребителя, создает на выходе датчика тока соответствующего канала сигнал, поступающий в плату команд. Величина этого сигнала превышает значение уставки в плате команд, вследствие чего в плате формируется сигнал запуска реле времени, которое начинает отсчет времени срабатывания (по заданию на дипломный проект – 1 с). В случае нормального функционирования потребителя, пусковой ток спадает до рабочего через несколько десятых долей секунды, при этом сигнал с датчика тока снижается ниже уставки в плате команд, сигнал запуска реле времени снимается, срабатывания реле времени не происходит и сигнал управления ключом продолжает держать ключ во включенном состоянии [8, с. 44].

В случае аварийного прекращения работы потребителя его ток вновь достигает значения, превышающего уставку срабатывания в плате команд. Происходит процесс, аналогичный процессу включения, с отличием в том, что реле времени выдерживает 1 с и срабатывает. При этом формируется сигнал на снятие и выключение силового ключа и запоминания этого состояния в запоминающем устройстве платы команд. Силовой ключ размыкается, прекращая питание потребителя и исключая перегорание потребителя вследствие длительного протекания аварийного тока. Повторное включение данного потребителя возможно только после снятия и повторной подачи в РУ команды включения данного потребителя.

Работа платы команд происходит следующим образом (рис.1). При поступлении на плату питающего напряжения (до подачи управляющего сигнала) элементы платы в течение нескольких миллисекунд устанавливаются в исходное положение: на выходе операционного усилителя устанавливается максимальный уровень напряжения, закрывающий транзистор V_3 , тем самым снимается

питание с реле времени РДВ11. Выход микросхемы закрыт для протекания тока и транзистор V5 находится в закрытом состоянии, поскольку напряжение его эмиттера, задаваемое стабилитроном V4, меньше напряжения на базе, задаваемого резистором R9 (т.е. равного положительному напряжению питания 27 В). Тиристор V7 находится в закрытом состоянии, т.к. закрыт транзистор V5. Ток через силовой ключ не протекает и напряжение на датчике тока близко к нулю, т.к. собственное сопротивление датчика во много раз больше сопротивлений делителей напряжения на резисторах R1... R5

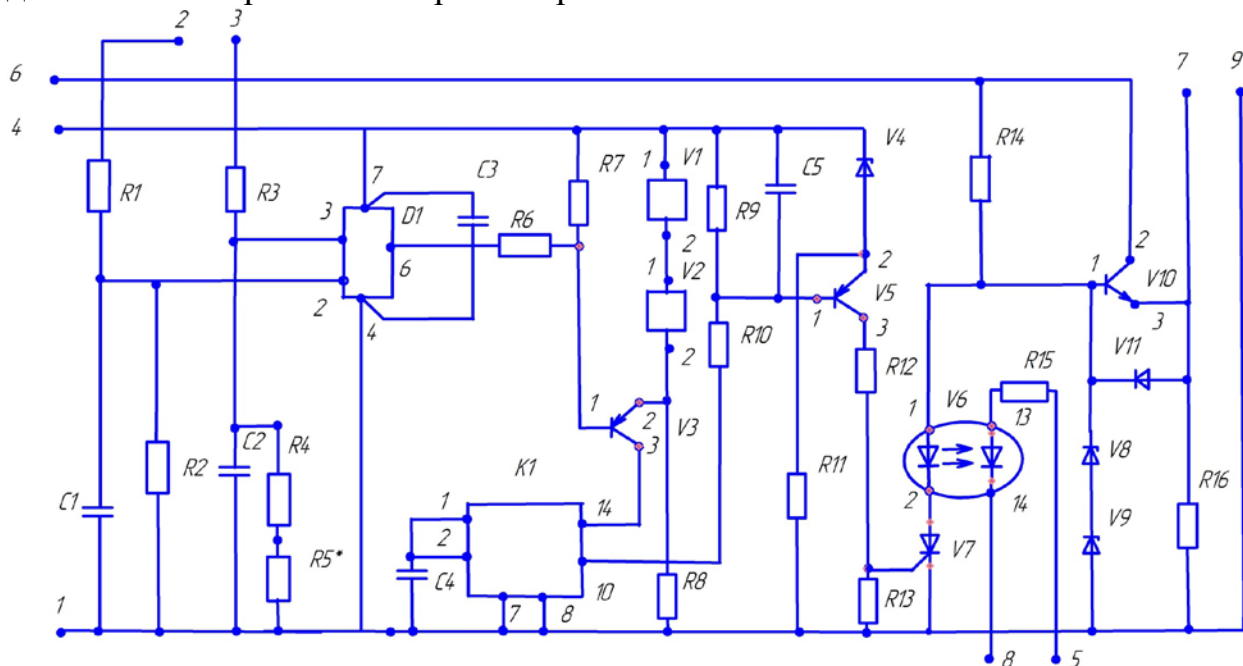


Рисунок 1 – Плата команд

Напряжение на входе 2 превышает напряжения на входе 3 на величину уставки, поэтому на выходе операционного усилителя поддерживается максимальный уровень напряжения. При поступлении сигнала управления ключ открывается и с датчика тока поступает сигнал, который в первый момент (вследствие наличия пускового тока) превышает напряжение уставки. В результате напряжение на выходе падает, открывая транзистор V3, который подает питание на реле времени K1. Реле начинает отсчет 1 с, но через несколько десятых долей секунды пусковой ток спадает ниже уровня уставки, операционный усилитель закрывает транзистор V3, отключая реле времени. Схема приходит в нормальное состояние с открытым силовым ключом. В случае аварийного состояния потребителя, когда возникает ток перегрузки равный или меньше пускового тока, но больше, чем напряжения уставки. Тогда процесс повторяется, реле времени успевает сработать, замыкая контакт 10. При этом напряжение на контакте 10 становится близким к нулю, открывая транзистор V5, который подает сигнал на управляющий электрод тиристора. Тиристор включается, напряжение на базе транзистора V11 становится равным сумме напряжений на анодах открытых тиристора и диода оптопары, не превышая 1,5 В. В результате эмиттерный повторитель закрывается, снимая напряжение с управляющего входа УКН. Ключ закрывается. При этом оптопара выдает сигнал о срабатывании защиты, который включает оптотранзистор оптопары 3ОТ127А, переходящий в открытое состояние «сухой контакт замкнут», тем самым подав сигнал о срабатывании защиты

в СУ. Повторная работа этого канала возможна только после снятия СУ сигнала управления.

Принцип действия токовых защит (ТЗ) основан на отключении участка сети, в котором величина тока превышает заданное значение (уставка срабатывания по току) [9, с. 56].

Работа ТЗ характеризуется двумя параметрами: током и временем срабатывания. При определении тока срабатывания защиты $I_{сз}$, исходным критерием является отстройка от тока нагрузки, а также от возможных кратковременных скачков тока нагрузки, вызванных переходными процессами в сети.

При расчетах уставок срабатывания ТЗ необходимо соблюсти два условия [10, с. 55]: защита не должна приходить в действие при токах нагрузки, для чего ток $I_{сз}$ должен превосходить ток нагрузки $I_{сз} > I_{н.макс}$; защита должна надежно возвращаться в исходное состояние после запуска, для чего должно быть выполнено условие $k_z I_{н.макс} > I_{воз} > I_{н.макс}$, где $I_{воз}$ – ток возврата в исходное состояние, k_z – коэффициент запуска, определяется как отношение максимально допустимого тока нагрузки (или пускового тока двигателя) к максимальному рабочему.

Для правильной работы токовой защиты принципиальным моментом является определение наиболее точных данных о номинальном токе нагрузки (что само по себе является сложной задачей в реальных условиях работы). Как правило, данные о токе нагрузки задаются «с запасом» и значительным приближением. От того, насколько правильно задан этот параметр, зависит эффективность и достоверность принятия решения по перегрузкам различного рода и другим токовым авариям [11, с. 7].

Библиографический список

1. Кадель, В.И. Силовые электронные системы автономных объектов. Теория и практика автоматизированной динамической оптимизации. М.: Радио и связь, 1990. 224 с.
2. Электрооборудование летательных аппаратов/ С.А. Грузков, С.Ю. Останин, А.М. Сугробов и др. М.: Издательский дом МЭИ, 2005. 242 с.
3. Розанов, Ю.К. Силовая электроника/ Ю.К. Розанов, М.В. Рябчицкий, А.А. Кваснюк. 2-е изд-е. М.: Издательский дом МЭИ, 2009. 632 с.
4. Розанов, Ю.К. Электронные устройства электромеханических систем/ Ю.К. Розанов, Е.М. Соколова. М.: Академия, 2004. 232 с.
5. Четти П. Проектирование ключевых источников электропитания / П. Четти. М.: Энергоатомиздат, 1990. 234 с.
6. Bose Bimal K. Power electronics-technology review// IEEE Trans.Power. Electron. 1992. Vol. 80. № 6.
7. <http://sktb-relay.ru/katalog/rele-statische-tverdotelnye-ustrojstva-kommutatsii-nagruzki/ustrojstvo-kommutatsii-nagruzki-ukn1-vedetsya-razrabotka-detail>.
8. Алферов, Н.Г. Расчет систем управления электронными прерывателями и регуляторами / Н.Г. Алферов, Ю.К. Розанов, В.Ф. Ситников. М.: Издательский дом МЭИ, 1993. 112 с.
9. Могилевский, Г.В. Полупроводниковые аппараты защиты / Г.В. Могилевский, В.Е. Райнин, К.В. Крюков. М.: Энергия. 1980. 226 с.
10. Шопен, Л.В. Бесконтактные аппараты автоматики. М.: Энергоатомиздат, 1986. 466 с.
11. Берг, В.Г. Современное состояние и тенденции создания эффективных преобразовательных устройств автономного электроснабжения/ Электротехника. 2012. № 10. С. 2-8.

© Новиков Е.А., Хамитов Р.Н., 2017

УДК: 630*36

Попиков П.И.

доктор технических наук, профессор
кафедра механизации лесного
хозяйства и проектирования машин,
Воронежского государственного
лесотехнического университета им.
Г.Ф. Морозова, РФ

Родионов Д.Н.

аспирант кафедры механизации
лесного хозяйства и проектирования
машин Воронежского
государственного лесотехнического
университета им. Г.Ф. Морозова, РФ

Popikov P. I.

Doctor Tech. Sci., professor
the Department of forestry mechanization
and machine design
Voronezh State University of Forestry
and Technologies named after G. F.
Morozov, Russian Federation

Rodionov D.N.

Postgraduate the Department of forestry
mechanization and machine design
Voronezh State University of Forestry
and Technologies named after G. F.
Morozov, Russian Federation

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ГИДРОПРИВОДА МЕХАНИЗМА ПОДЪЕМА МАНИПУЛЯТОРА ЛЕСОВОЗНОГО АВТОПОЕЗДА

WORKFLOW MODELING OF MECHANISM THE LIFTING OF FOREST MANIPULATOR WITH SELF-ALIGNING HYDRAULIC CYLINDER

Ключевые слова: гидроманипулятор, механизм подъема, автолесовоз, гидроцилиндр, оптимизация.

Keywords: The hydraulic crane, hoist, autolocus, a hydraulic cylinder, ptimization.

Для повышения технического уровня лесных манипуляторов необходимы дополнительные исследования кинематики, динамики и компоновки гидро-привода механизма подъема стреловой группы, как наиболее нагруженного механизма. Во избежание преждевременного выхода из строя гидрооборудования, применяемого на машинах манипуляторного типа, требуются новые разработки и обоснованные предложения по усовершенствованию гидросистемы. В статье рассмотрены вопросы моделирования рабочего процесса гидропривода механизма подъема лесного манипулятора при подключении к гидросистеме дополнительного демпфера.

To increase the technical level of forest manipulators, additional studies of kinematics, dynamics and layout of the hydro-drive mechanism of lifting the boom group as the most loaded mechanism are needed. In order to avoid premature failure of hydraulic equipment used on manipulator-type machines, new developments and reasonable proposals for improving the hydraulic system are required. In the article the questions connected with movement and an entrance with the help of a hydrosystem of the additional damper.

В лесной промышленности России широкое распространение получает сортиментная заготовка древесины с применением машин манипуляторного типа. Для повышения технического уровня лесных манипуляторов необходимы дополнительные исследования кинематики, динамики и компоновки гидропривода механизма подъема стреловой группы, как наиболее нагруженного механизма. Во избежание преждевременного выхода из строя гидрооборудования, применяемого на машинах манипуляторного типа, требуются новые разработки и обоснованные предложения по усовершенствованию гидросистемы, позволяющие повысить долговечность и максимально снизить возникающее в процессе эксплуатации техники динамические нагрузки.

В настоящее время нами разработан новый гидропривод механизма подъема стрелы манипулятора, решающий поставленную задачу уменьшения давления в гидросистеме.

Новизна технического решения заключается в том, что проушины штока и корпуса гидроцилиндра снабжены подвижными роликами с возможностью их перекатывания в криволинейных направляющих, закрепленных на стреле и поворотной колонне, при этом гильза гидроцилиндра имеет жесткую связь с одним концом штанги, установленную под прямым углом к оси гидроцилиндра. Второй конец штанги шарнирно закреплен на оси шарнира стрелы и поворотной колонны. В процессе подъема стрелы длина плеча усилия на штоке гидроцилиндра остается постоянной, а, следовательно, будет и постоянная угловая скорость, при которой не возникают угловые ускорения и динамические силы. Гидроцилиндр при подъеме стрелы за счет перекатывания роликов по криволинейным направляющим будет занимать оптимальное положение с наименьшим усилием на штоке. В серийных гидроцилиндрах демпферы устанавливаются в крышках, чтобы поршень в крайних положениях не ударялся о днище гидроцилиндра. При остановке стрелы в промежуточных положениях при выполнении погрузочно-разгрузочных работ гидролинии между распределителем и гидроцилиндром становятся запертыми, и в них возникают опасные всплески давления рабочей жидкости из-за инерционных нагрузок при остановках. Поэтому между гидролиниями нами предлагается подключить через обратные клапаны дополнительный демпфер, в корпусе которого установлен подвижный плунжер с осевыми дроссельными отверстиями, за счет которых гасятся всплески давления рабочей жидкости.

На рис. 1 представлена гидрокинематическая схема механизма подъема стреловой группы манипулятора, на рис. 2 - расчетная схема демпфера.

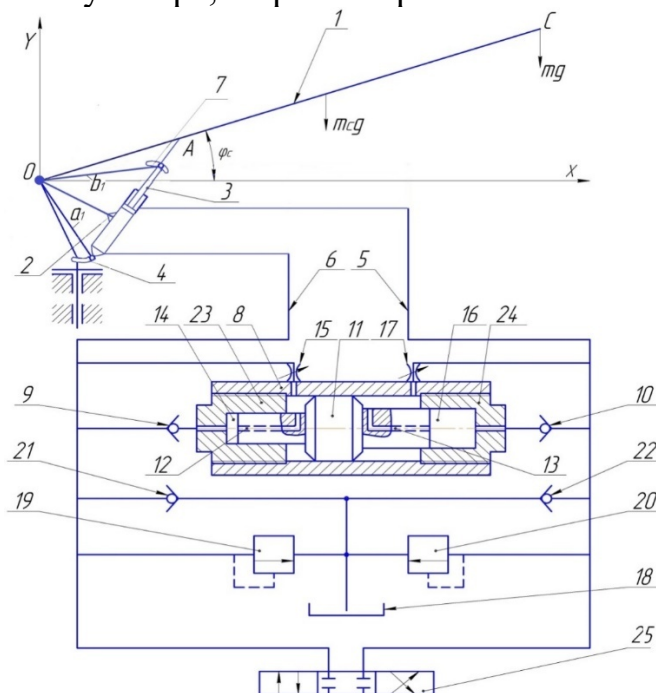


Рисунок 1 – Гидрокинематическая схема механизма подъема стрелы манипулятора: стрела манипулятора 1, штанга 2, гидроцилиндр 3, нижние направляющие 4, линии 5 и 6, верхние направляющие 7, демпфер 8, обратные клапаны 9 и 10 ступенчатый плунжер 11, дросселирующие каналы 12 и 13, левая полость 14 демпфера, регулируемый дроссель 15, правая полость 16 демпфера, регулируемый дроссель 17, гидробак 18, предохранительный клапан 19, предохранительный клапан 20, подпиточные клапаны 21 и 22, резьбовые пробки 23 и 24, гидрораспределитель 25.

Для решения системы дифференциальных уравнений, положенной в основу модели рабочих процессов гидропривода механизма подъема стрелы и для проведения различных компьютерных экспериментов с моделью составлена компьютерная программа "Программа для моделирования демпфера гидросистемы манипулятора лесовозного автопоезда" на языке ObjectPascal в интегрированной среде программирования BorlandDelphi 7.0. Получено свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2009610503.

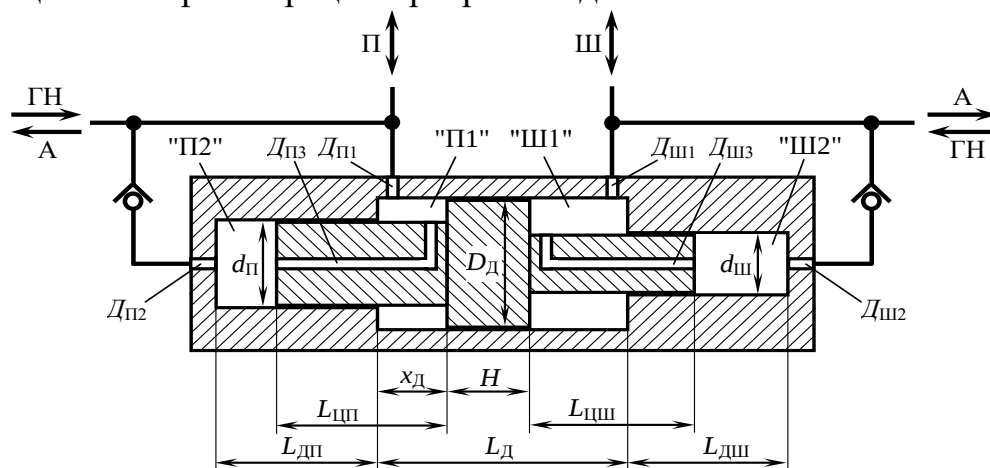


Рисунок 2 – Расчетная схема демпфера

В рамках данной модели гидравлическая система манипулятора, оснащенного демпфером, представляется в виде шести отдельных полостей, содержащих рабочую жидкость: запираемые полости демпфера "П2" и "Ш2"; полости сброса рабочей жидкости демпфера "П1" и "Ш1" (на рисунке 2) поршневая и штоковая полости гидроцилиндра (обозначены буквами "П" и "Ш" на рисунке 3); полости соединены друг с другом с помощью трубопроводов и дросселирующих отверстий. Для запираания жидкости в полостях демпфера гидросистема содержит обратные клапаны, которые также учитываются в модели.

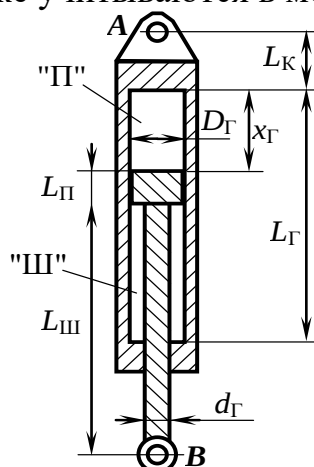


Рисунок 3 – Расчетная схема гидроцилиндра подъема стрелы

При перемещении поршня гидроцилиндра или плунжера демпфера изменяются объемы V_m соответствующих полостей (m – означает индекс полости). Это приводит к изменению давлений P_m в полостях, причем данные изменения связаны зависимостью

$$\frac{dP_m}{dV_m} = -\frac{E}{V_m} \quad (1),$$

где E – объемный модуль упругости рабочей жидкости.

Если давления в двух полостях, соединенных между собой, различаются, начинается перетекание рабочей жидкости, при этом расход Q_{ij} определяется по известной зависимости

$$Q_{ij} = k_{ij} \text{sign}(P_i - P_j) \sqrt{|P_i - P_j|} \quad (2)$$

где i и j – индексы полостей; k_{ij} – коэффициент дросселирования; $\text{Sign}(x)$ – функция, возвращающая знак переменной x .

Эта формула используется как для дросселей (коэффициент дросселирования достаточно велик), так и для трубопроводов (коэффициент дросселирования мал).

В модели считается, что все дросселирующие отверстия демфера имеют круглое сечение, поэтому коэффициент дросселирования определяется через диаметр отверстия d_{ij} по формуле :

$$k_{ij} = \mu \frac{\pi d_{ij}^2}{4} \sqrt{\frac{2}{\rho}}, \quad (3)$$

где μ – коэффициент расхода; ρ – плотность рабочей жидкости.

Возможность трубопроводов упруго расширяться под влиянием давления в модели непосредственно не учитывается, однако косвенно учитывается упругостью рабочей жидкости, то есть коэффициентом E .

Ориентируясь на использование вычислительных возможностей компьютера расчет организован итерационным образом. На каждом шаге просчитываются некоторые элементарные изменения системы - элементарный поворот стрелы манипулятора и элементарное перемещение плунжера демпфера. Расчет начинается с того, что по текущему значению угла α подъема стрелы определяется длина гидроцилиндра АВ: $AB = \sqrt{(L_A \cos \alpha - L_{BX})^2 + (L_A \sin \alpha + L_{BY})^2}$, где L_A – расстояние от шарнира О до точки крепления гидроцилиндра А.

Затем определяется положение поршня x_Γ в гидроцилиндре: $x_\Gamma = AB - L_{III} - L_K - L_\Pi$, где L_{III} – длина штока; L_K – расстояние от границы рабочей полости гидроцилиндра до точки его крепления; L_Π – ширина поршня.

Далее, зная положение x_Γ поршня гидроцилиндра и положение x_d плунжера демпфера, рассчитываем объемы полостей гидроцилиндра (V_Π , V_{III}) и демпфера ($V_{\Pi 1}, V_{\Pi 2}, V_{III 1}, V_{III 2}$).

Изменение объемов полостей при перемещениях поршня и плунжера приводит к изменению давлений в полостях. Новые давления $P_\Pi, P_{III}, P_{\Pi 1}, P_{\Pi 2}, P_{III 1}, P_{III 2}$ на k -м шаге интегрирования вычисляются по формуле:

$$P_m^k = P_m^{k-1} - E \frac{V_m^k - V_m^{k-1}}{V_m^k}, \quad (4)$$

где индекс m означает полость, в которой вычисляется давление.

Компьютерный эксперимент с моделью заключается в подъеме и опускании стрелы манипулятора с быстрым запирающим магистралей в конце процессов подъема и опускания. При этом фиксируются временные зависимости давления в поршневой и штоковой полостях гидроцилиндра $P_\Pi(t)$ и $P_{III}(t)$ (рис. 4).

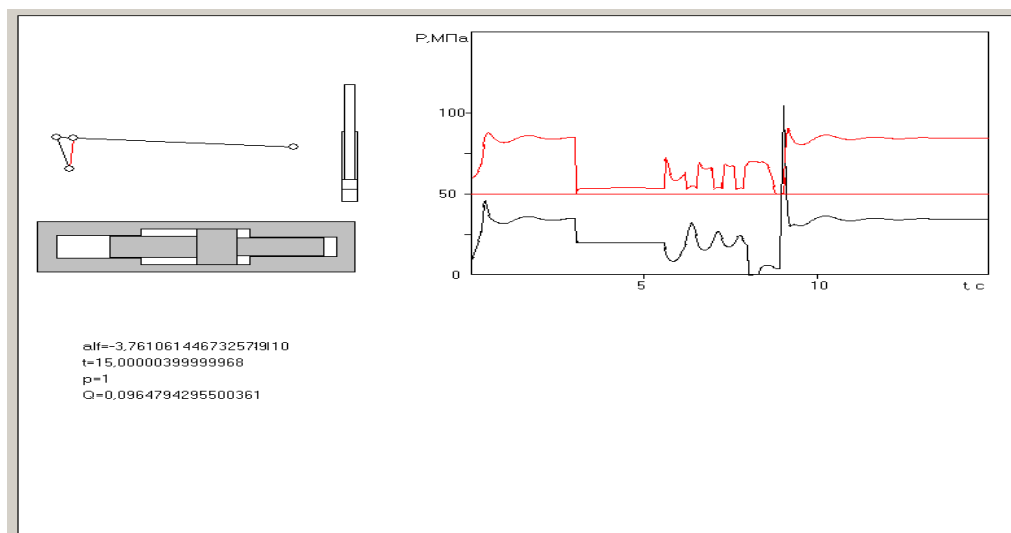


Рисунок 4 – Изображение, выводимое на экран компьютера

Разработанная имитационная компьютерная модель функционирования манипулятора с демпфирующим устройством в гидросистеме воспроизводит основные физические процессы, происходящие в механической и гидравлической подсистемах манипулятора и позволяет по заданным параметрам манипулятора, демпфера, режимам работы и условиям эксплуатации определить временные зависимости давления в основных элементах гидросистемы.

Библиографический список

1. Попиков, П.И. Математическое моделирование процессов в системе гидропривода лесных манипуляторов / П.И. Попиков, П.И. Титов, А.А. Сидоров, С.В. Долженко и др. / Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. 2011. № 69. С. 96-106.
2. Долженко, С.В. Математическая модель демпфирования рабочего процесса гидропривода механизма поворота колонны лесного манипулятора / С.В. Долженко, П.И. Попиков, А.В. Зубков, Е.П. Рыкованова / Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. 2012. № 79. С. 243-259.
3. Долженко, С.В. Разработка методики экспериментальных исследований гидропривода механизма поворота лесного манипулятора сортиментовоза / Лесотехнический журнал. 2013. № 1. С. 127-137.
4. Пат. 2613203 РФ. Механизм подъема стрелы манипулятора / Попиков, П.И., Гончаров П.Э., Черных А.С., Родионов Д.Н. // Бюл. - 2017. - № 8. - С. 1.
5. Попиков П.И., Родионов Д.Н., Черных А.С. Совершенствование гидропривода механизма подъема стрелы манипулятора автолесовоза // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. 2016. Т. 3. №. 1. С. 106-109. DOI: 10.12737/18782.
6. Хуако, З.А. Теоретическое обоснование эффективности совмещения движений трех звеньев / Вестник АГУ. – Майкоп, 2011. – № 3. – С. 24-29.
7. Palpacelli, M.-C A Redundantly Actuated 2-Degrees-Of-Freedom Mini Pointing Device /M.-C. Palpacelli, G. Palmieri, M. Callegri // Journal of Mechanisms and Robotics. 2012. Vol.4.- no.3.
8. Драпалюк, М.В. Повышение управляемости и маневренности лесопожарного полноповоротного автомобиля / Драпалюк М.В., Гончаров П.Э., Попиков П.И., Шанин П.С., Головченко А.А. // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. 2016. Т. 3. № 1. С. 70-74.
9. Родионов, Д.Н. Оптимизация параметров грузоподъемных механизмов автомобильных гидроманипуляторов / Родионов Д.Н., Попиков П.И., Четверикова И.В., Веневитина С.С. // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. 2016. Т. 3. № 2. С. 278-282.

© Попиков П.И., Родионов Д.Н., 2018

Прядкин В.И.

доктор техн. наук, профессор кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Болдырев Н.А.

магистрант 2 курса автомобильного факультета Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Pryadkin V.I.

Doctor of technical science, Professor of The Cars & Service Department, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

Boldyrev N.A.

Magister-student of the 2nd year of The Automotive Faculty, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ШИРОКОПРОФИЛЬНОЙ ШИНЫ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТОРМОЖЕНИЯ НА ГРУНТЕ

THE INFLUENCE OF THE PARAMETERS OF THE WIDE-PROFILE LOW-PRESSURE TIRE TO THE BRAKING PERFORMANCE ON THE GROUND

Ключевые слова: процесс торможения, широкопрофильная шина, грунт.

Keywords: the braking process, the wide-profile tires, the ground (the soil).

В статье приведены результаты теоретических исследований с применением SPH метода конечных элементов для моделирования процесса торможения широкопрофильной шины низкого давления с грунтовой опорной поверхностью. Установлено, что наилучшая эффективность торможения достигается при давлении в шине 80 кПа

The article presents the results of the theoretical studies with the application of the SPH finite element method for the simulation of the braking process of the wide-profile low pressure tires with the ground support surface. It founds, that the best braking performance is achieved when the tire pressure is 80 kPa.

Широкопрофильные шины низкого давления обладают хорошим сцеплением с грунтом и обеспечивают высокую эффективность в режиме разгона и торможения [1]. Для исследования влияния параметров шины на эффективность торможения целесообразно использовать разработанную нами ранее математическую модель движения широкопрофильной шины низкого давления по грунту [2, 3].

В основе модели лежит метод динамики частиц [4, 5, 6, 7]. Шина и диск колеса представлены совокупностью 720 материальных точек, взаимодействующих как между собой вязко-упругими и изгибными силами, так и с 3000 элементами грунта. В процессе численного интегрирования уравнений движения элементов имитируется процесс движения колеса по грунту [8]. Для реализации математического аппарата и для удобства исследования модели разработана компьютерная программа на языке Object Pascal в среде программирования Borland Delphi 7.

Разработанная модель обладает высокой универсальностью и позволяет исследовать влияние большого количества параметров шины и условий движения на показатели эффективности торможения. Взаимосвязь входных параметров и выходных характеристик показана схематично на рисунке 1.

К параметрам шины относятся: P_w – давление в шине; B – ширина шины;

D – диаметр шины; H/B – относительная высота шины.

Условия движения задаются двумя основными параметрами: v – горизонтальная скорость движения оси колеса; $k_{\text{сц}}$ – коэффициент сцепления элементов грунта, задающий механические свойства грунта.

Эффективность торможения оценивается следующими показателями: S_T – тормозной путь; ΔR – максимальное изменение эффективного радиуса колеса при торможении, определяющее проседание оси колеса; $d_{\text{ш}}$ – максимальная продольная деформация нижней части шины, контактирующей с грунтом.

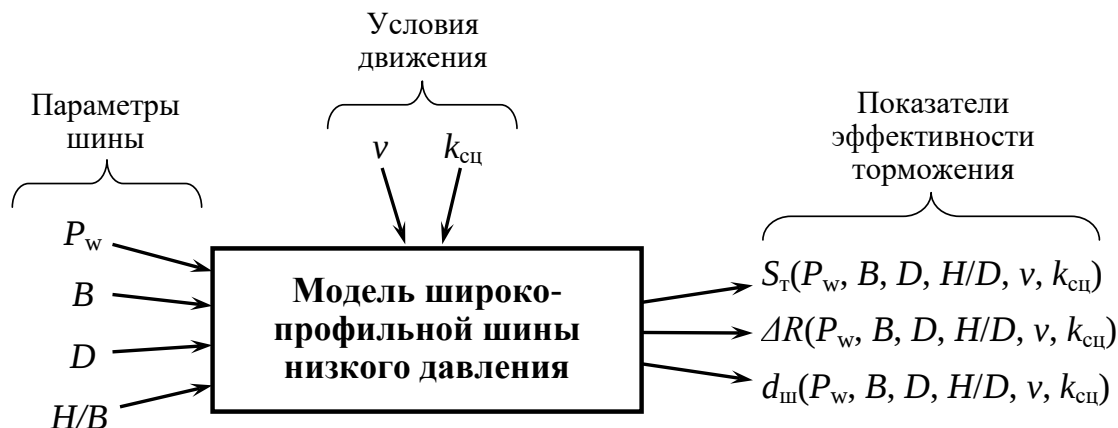


Рисунок 1 – Входные параметры и выходные характеристики разработанной модели

В процессе теоретической оптимизации параметров шины необходимо решить следующую задачу:

$$\begin{cases} S_m(P_w, B, D, H/D, v, k_{\text{сц}}) \rightarrow \min; \\ \Delta R(P_w, B, D, H/D, v, k_{\text{сц}}) \rightarrow \min; \\ d_{\text{ш}}(P_w, B, D, H/D, v, k_{\text{сц}}) \rightarrow \min. \end{cases} \quad (1)$$

Для решения задачи оптимизации проведены несколько серий компьютерных экспериментов. Рассмотрим в данной работе влияние давления в шине P_w и диаметра шины D на показатели эффективности торможения. При исследовании влияния данных параметров остальные входные параметры имели следующие значения: $B = 600$ мм; $H/B = 0,5$; $v = 5,6$ м/с (20 км/ч); $k_{\text{сц}} = 1,05$ (соответствует сухой выровненной суглинистой почве).

В первой серии компьютерных экспериментов давление в шине P_w изменяли от 40 до 140 кПа с шагом 20 кПа. При этом диаметр шины был одним и тем же и составлял $D = 1200$ мм.

С увеличением давления в шине тормозной путь по плотному сухому грунту увеличивается (рисунок 2). По-видимому, это связано с тем, что с увеличением давления уменьшается площадь контакта шины с грунтом, за счет чего ухудшается сцепление шины и грунта. Помимо этого область шины, контактирующая с грунтом, лучше распрямляется и уменьшается способность шины цепляться за неровности опорной поверхности. Таким образом, уменьшение давления позволяет снизить тормозной путь.

С другой стороны, при давлениях ниже 80 кПа нижняя часть шины при торможении существенно деформируется, что ведет к появлению существенных напряжений в шине, ускоряет ее износ, и может вызывать разрыв шины при не-

благоприятной конфигурации рельефа опорной поверхности. Поэтому 80 кПа является оптимальным давлением в широкопрофильной шине, обеспечивающим хорошее сцепление с грунтом, но не приводящее к существенному износу шины.

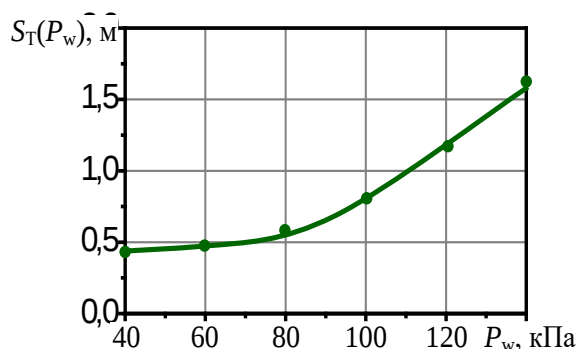


Рисунок 2 – Влияние давления P_w на тормозной путь S_T машины

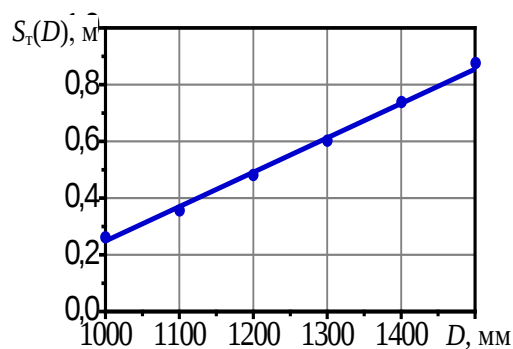


Рисунок 3 – Влияние диаметра шины D на тормозной путь S_T машины

Во второй серии компьютерных экспериментов диаметр шины изменяли от 1000 до 1500 мм с шагом 100 мм. При этом давление в шине было одним и тем же и составляло $P_w = 1200$ мм (рисунок 3). Обнаружено, что тормозной путь растет практически линейно с увеличением диаметра шины. По-видимому это связано с тем, что с увеличением диаметра облегчается качение шины по неровностям поверхности при приблизительно постоянном пятне контакта. Поэтому с точки зрения минимизации тормозного пути диаметр широкопрофильной шины низкого давления должен быть как можно меньше.

Таким образом, на основе компьютерного моделирования изучено влияние основных параметров широкопрофильной шины низкого давления на эффективность торможения на грунте. Наилучшая эффективность торможения достигается при давлении в широкопрофильной шине около 80 кПа и минимально возможном диаметре шины.

Библиографический список

1. Прядкин В.И., Гурылев Г.С., Русанов А.В., Клысак Г.А. Эффективность применения широкопрофильных шин на мобильных транспортно-технологических средствах // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. – 2014. – Вып. 1. – С. 298-303.
2. Прядкин, В.И. Мобильные энергосредства сельскохозяйственного назначения на шинах сверхнизкого давления : дис. на соиск. уч. степени д-ра. техн. наук: 05.2-.01 / В.И. Прядкин. - М., 2013. – 351 с.
3. Goncharenko S.V., Pryadkin V.I. Elastic characteristics of ultralow-pressure tyres under different loading regimes. Part 1 : vertical and lateral loads // International Polymer Science and Technology. 2011. Т. 38. № 12. С. 24-26.
4. Мышкис А. Д. Элементы теории математических моделей. – 3-е изд., испр. – М.: КомКнига, 2007. – 192 с.
5. Кривцов А.М. Деформирование и разрушение тел с микроструктурой. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 304 с.
7. Гулд Х., Тобочник Я. Компьютерное моделирование в физике. Ч. 2. – М.: Мир, 1990. – 400 с.
7. Хеерман Д.В. Методы компьютерного эксперимента в теоретической физике. – М.: Наука, 1990. – 176 с.
8. Shevsov, V., Lavrov, A., Izmailov, A., and Lobachevskii, Y., «Formation of Quantitative and Age Structure of Tractor Park in the Conditions of Limitation of Resources of Agricultural Production», SAE Technical Paper 2015-26-0147, 2015, doi: 10.4271/2015-26-0147.

© Прядкин В.И., Болдырев Н.А., 2018

Прядкин В.И.

доктор техн. наук, профессор кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Болдырев Н.А.

магистрант 2 курса автомобильного факультета Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Pryadkin V.I.

Doctor of technical science, Professor of The Cars & Service Department, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

Boldyrev N.A.

Magister-student of the 2nd year of The Automotive Faculty, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМА ТОРМОЖЕНИЯ ШИРОКОПРОФИЛЬНЫХ ШИН НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ НА ГРУНТЕ

SIMULATIONS OF THE BRAKING MODE OF WIDE-PROFILE LOW-PRESSURE TIRES ON THE GROUND

Ключевые слова: широкопрофильная шина, грунт, метод конечных элементов.
Keywords: the wide-profile tire, the ground (the soil), the finite element method.

Одним из преимуществ широкопрофильных шин низкого давления является высокая эффективность торможения на грунте. Для исследования режима торможения широкопрофильной шины низкого давления на грунте разработана соответствующая математическая модель. В статье приведена методика проведения теоретических исследований по применению SPH метода конечных элементов для моделирования процесса торможения широкопрофильной шины низкого давления на грунтовой опорной поверхности.

One of the advantages of low-pressure wide-profile tyres is the high braking performance on the ground. A mathematical model has been developed to study the braking mode of a wide-profile low-pressure tires on the ground. The article presents the methodology of the theoretical investigations on the application of the SPH finite element method for the simulation of the braking process of the wide-profile low-pressure tires on the ground support surface.

Одним из преимуществ широкопрофильных шин низкого давления является высокая эффективность торможения на грунте. Для исследования режима торможения широкопрофильной шины низкого давления на грунте разработана соответствующая математическая модель [1, 2] на основе метода динамики частиц [3, 4].

В рамках модели шина и диск колеса представлены совокупностью 720 материальных точек, взаимодействующих между собой вязко-упругими и изгибными силами (рисунок 1) [5]. Грунт представлен также совокупностью 3000 шарообразных элементов, взаимодействующих между собой вязко-упругими силами с заданным расстоянием ограничения взаимодействия [6, 7, 8, 9]. Данная модель позволяет моделировать динамику шины, как гибкой оболочки с

учетом заданного давления.

При решении уравнений движения элементов шины и грунта на каждом шаге численного интегрирования производится расчет сил между элементами:

$$\mathbf{F}_i = \sum_{j=1}^{N_{\text{ш}}} (\mathbf{F}_{ij}^{\text{Y}} + \mathbf{F}_{ij}^{\text{B}}) + \mathbf{F}_i^{\text{P}} + \sum_{j=1}^{N_{\text{ш}}} \sum_{k=1}^{N_{\text{ш}}} \mathbf{F}_{ijk}^{\text{II}} + \sum_{j=1}^{N_{\text{г}}} \mathbf{F}_{ij}^{\text{III}}, \quad (1)$$

где $\mathbf{F}_i$ – сила, действующая на элемент i со стороны окружающих его элементов j (обозначение жирным шрифтом здесь и далее означает векторные величины); $\mathbf{F}_{ij}^{\text{Y}}$ и $\mathbf{F}_{ij}^{\text{B}}$ – силы упругого и вязкого взаимодействия элементов i и j ; $N_{\text{ш}}$ – общее количество элементов в модели шины; $\mathbf{F}_i^{\text{P}}$ – силы на элементы от давления воздуха в шине; $\mathbf{F}_{ijk}^{\text{II}}$ – силы, возникающие из-за изгиба поверхности шины; $\mathbf{F}_{ij}^{\text{III}}$ – силы взаимодействия между элементами шины и грунта.

Перечисленные силы вычисляются по линейным законам Гука и вязкого трения с предварительным расчетом расстояний между элементами для исключения невзаимодействующих элементов. Интегрирование уравнений движения производится численным методом Рунге-Кутты второго порядка [5].

Для реализации математического аппарата и для удобства исследования модели разработана компьютерная программа на языке Object Pascal в среде программирования Borland Delphi 7. В настоящее время программа находится в стадии регистрации в Роспатенте.

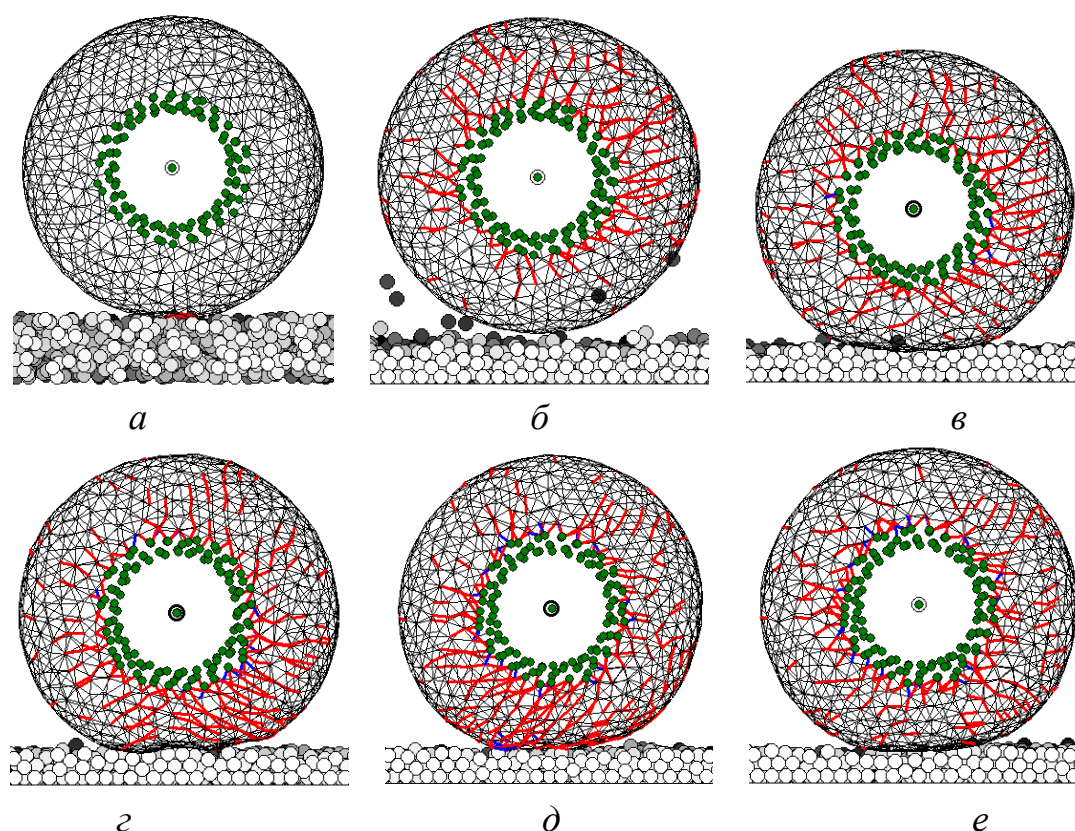


Рисунок 1 – Изменение состояния шины в ходе компьютерного эксперимента: а – начальное состояние колеса и грунта; **б** – оседание колеса и грунта под действием силы тяжести; **в** – неподвижное равновесное состояние колеса на грунте; **г** – установившееся качение колеса по грунту с заданной скоростью; **д** – торможение колеса в результате остано-

ки вращения; e – колесо в конце процесса торможения

Компьютерный эксперимент по исследованию режима торможения состоит из нескольких этапов (рисунок 1), связанных с начальным расположением в пространстве элементов (рисунок 1, $a, б, в$), приведением колеса в режим качения (рисунок 1, $г$), торможением и остановкой колеса (рисунок 1, $д, е$).

Рисунок 2 иллюстрирует, как в процессе компьютерного эксперимента изменяются основные кинематические и геометрические характеристики колеса. В момент времени $t = 1,3$ с заканчивается этап начального распределения элементов в пространстве и приведения системы в равновесие и начинается этап качения колеса с постоянной скоростью вращения 1,4 об/с и линейной скоростью 5,6 м/с (20 км/ч) (рисунок 2, $a–в$). В течение короткого промежутка времени (около 0,3 с) колесо входит в установившийся режим качения по своим геометрическим параметрам. В момент времени $t = 1,6$ с производится блокировка колеса: скорость вращения диска колеса выдерживается далее равной нулю, при этом элементы шины совершают далее движение в пространстве, а диск колеса имеет возможность двигаться поступательно без вращения. В результате этого колесо, взаимодействуя с грунтом постепенно останавливается, при этом в нем происходят колебательные процессы (рисунок 2, $t > 1,6$ с).

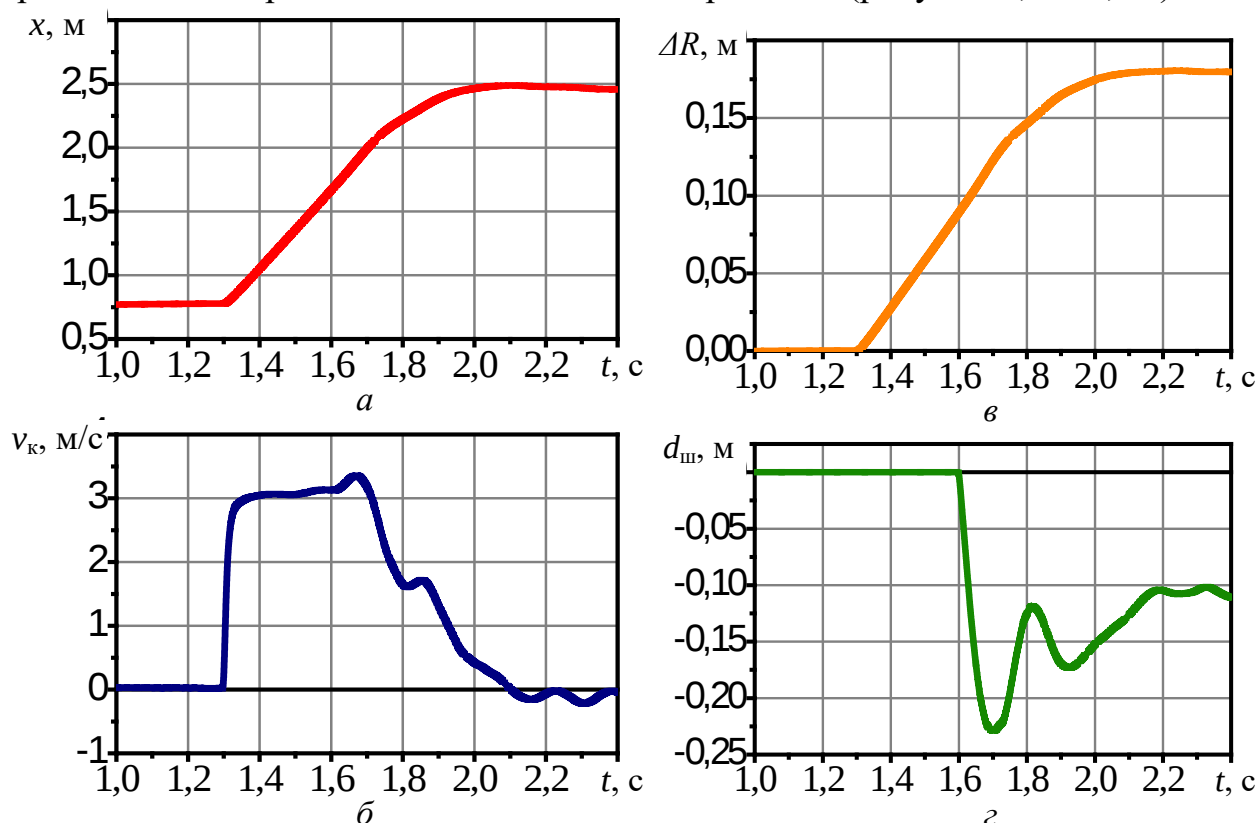


Рисунок 2 – Изменение с течением времени t координаты оси колеса x_k (a), скорости оси колеса v_k ($б$), эффективного радиуса ΔR ($в$) и деформации в продольном направлении нижней части шины $d_{ш}$ ($г$)

По графику $x(t)$ определяется тормозной путь (в данном случае около 0,5 м). По графику $v_k(t)$ можно судить об обратном колебательном воз-

действии колеса на машину. По графику $\Delta R(t)$ можно определить, насколько опускается ось колеса в режиме торможения. По графику $d_{ш}(t)$ можно определить величину увода нижней части колеса в процессе торможения, и характер движения нижней части колеса (равномерный или колебательный характер). Функции $x(t)$, $v_k(t)$, $\Delta R(t)$, $d_{ш}(t)$ в процессе компьютерного эксперимента записываются в файлы для последующего анализа.

Таким образом, разработана имитационная модель движения широкопрофильной шины низкого давления по грунту, а также соответствующая компьютерная программа, позволяющая изучить влияние на эффективность торможения геометрических параметров шины, давления в шине, параметров грунта, кинематических параметров движения и торможения.

Библиографический список

1. Бычков, В.П. К вопросу об активизации инновационной деятельности на автомобильном транспорте [Текст]/В.П. Бычков, В.И. Прядкин //Автотранспортное предприятие. - 2014. - № 2. - С. 26-29.
2. Прядкин В.И., Гурылев Г.С., Русанов А.В., Клысак Г.А. Эффективность применения широкопрофильных шин на мобильных транспортно-технологических средствах // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. – 2014. – Вып. 1. – С. 298-303.
3. Прядкин, В.И. Мобильные энергосредства сельскохозяйственного назначения на шинах сверхнизкого давления [Текст] : дис. на соиск. уч. степени д-ра. техн. наук: 05.2-.01 / В.И. Прядкин. - М., 2013. – 351 с.
4. Goncharenko, S.V.Elastic characteristics of ultralow-pressure tyres under different loading regimes. Part 1 : vertical and lateral loads [Text]/ S.V. Goncharenko, V.I Pryadkin // International Polymer Science and Technology. 2011. Т. 38. № 12. С. 24-26.
5. Мышкис А. Д. Элементы теории математических моделей. — 3-е изд., испр. — М.: КомКнига, 2007. —192 с.
6. Кривцов А.М. Деформирование и разрушение тел с микроструктурой. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 304 с.
7. Гулд Х., Тобочник Я. Компьютерное моделирование в физике. Ч. 2. – М.: Мир, 1990. – 400 с.
8. Хеерман Д.В. Методы компьютерного эксперимента в теоретической физике. – М.: Наука, 1990. – 176 с.
9. Shevsov, V., Lavrov, A., Izmailov, A., and Lobachevskii, Y., «Formation of Quantitative and Age Structure of Tractor Park in the Conditions of Limitation of Resources of Agricultural Production,» SAE Technical Paper 2015-26-0147, 2015, doi: 10.4271/2015-26-0147.
10. Гончаренко С.В., Прядкин В.И. Тягово-сцепные качества шины 800/65R32 модели DR-103 // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. 2017. Т. 4. № 1 (7). С. 187-190.
11. Гончаренко С.В., Прядкин В.И. Экологическая и агротехническая оценка шины 800/65R32 модели DR-103 // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. 2017. Т. 4. № 1 (7). С. 258-262.

© Прядкин В.И., Болдырев Н.А., 2018

Прядкин В.И.

доктор техн. наук, профессор кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Горин А.В.

магистрант 2 курса автомобильного факультета Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Pryadkin V.I.

Doctor of technical science, Professor of The Cars & Service Department, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

Gorin A.V.

Magister-student of the 2nd year of The Automotive Faculty, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ РЕЖИМА ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ С РЕЛАКСАЦИОННЫМ АМОРТИЗАТОРОМ В ПОДВЕСКЕ

THE METHOD FOR SIMULATING THE MOVEMENT MODE A CAR WITH A RELAXATION SHOCK ABSORBER IN THE SUSPENSION

Ключевые слова: плавность хода, амортизатор, подвеска, шины низкого давления.

Keywords: a smooth running, an shock absorber, a suspension, a low pressure tires.

В статье приведена методика моделирования режима движения автомобиля, оборудованного релаксационными гидравлическим амортизатором в подвеске. Приведена математическая модель и сравнительные теоретические характеристики различных типов амортизаторов.

The article presents a method of modeling the mode of movement of the car equipped with the relaxation hydraulic shock absorber in the suspension. The mathematical model and the comparative theoretical characteristics of various types of the shock absorbers are given.

Повышенные колебания грузового автомобиля, вызванные различными неровностями дороги, влияют не только на плавность хода, но и на другие эксплуатационные свойства. При эксплуатации автомобилей на дорогах с неудовлетворительным состоянием покрытия средняя скорость движения уменьшается на 40-50%, расход топлива увеличивается на 50-70%, а себестоимость перевозок – на 50-60%[1, 2].

Интенсивность колебаний зависит от параметров и характеристик компоновки автомобиля, его подвески и шин, а также характеристик неровностей дороги [3, 4, 5, 6]. Одним из способов повышения плавности хода автомобилей является использование эффекта сжатия жидкости в релаксационном гидравлическом амортизаторе преимуществ релаксационного перед обычным гидравлическим амортизатором целесообразно разработать достаточно адекватную математическую модель автомобиля, движущегося по неровной опорной поверхности [4]. Для этого выбрана одномерная двух массовая модель подвески автомобиля, с возмущающей функцией, задающей характер рельефа, которая позволяет пе-

редать основные особенности работы подвески с релаксационным гидроамортизатором.

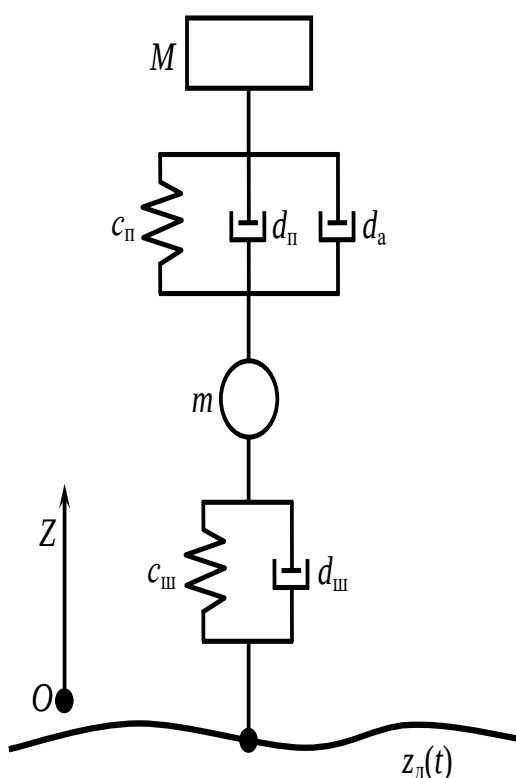


Рисунок 1 – Расчетная схема для моделирования колебаний автомобиля

Колесо автомобиля приведено к точечной массе m (рис. 1), корпус автомобиля в рамках модели так же заменяется точечной массой M , к которой приведена часть массы автомобиля (в зависимости от общего количества колес и расположения колеса). Материальные точки, представляющие колесо и корпус, движутся по вертикали, вдоль оси OZ . Их координаты z_1 и z_2 соответственно. Колесо контактирует с опорной поверхностью через условную шину, которая в рамках вязко-упругого приближения представляется пружиной с жесткостью $c_{ш}$ и демпфером с коэффициентом демпфирования $d_{ш}$. Координата z_d точки контакта с опорной поверхностью изменяется с течением времени, то есть является функцией $z_d(t)$. Возникновение вязко-упругих сил между опорной поверхностью и центром колеса вызывает движение центра масс колеса m [7, 8, 9].

Между центром масс колеса и точкой крепления к корпусу также действуют вязко-упругие силы. Упругая сила определяется коэффициентом жесткости c_n упругого элемента подвески. Параллельно силы возникают на условном демпфере подвески (коэффициент демпфирования d_n), который воспроизводит в модели естественные, незначительные по величине, силы вязкого трения при деформации упругого элемента. Также, параллельно подключен условно демпфирующий элемент, представляющий в модели гидроамортизатор, с переменным коэффициентом демпфирования d_a , зависящим от расстояния $z_2 - z_1$ между точками m и M и производной по времени от этого расстояния. $d(z_2 - z_1)/dt$.

В соответствии со вторым законом Ньютона можно записать систему уравнений движения подрессоренной и непрорессоренной масс:

$$\begin{cases} \frac{d^2 M}{dt^2} = -Mg + c_n(z_{a0} - (z_M - z_m)) - (d_n + d_a)\left(\frac{dz_M}{dt} - \frac{dz_m}{dt}\right); \\ \frac{d^2 m}{dt^2} = -mg - c_n(z_{a0} - (z_M - z_m)) + (d_n + d_a)\left(\frac{dz_M}{dt} - \frac{dz_m}{dt}\right) + \\ + c_{ш}(z_{m0} - (z_m - z_d(t))) - d_{ш} \frac{dz_m}{dt}, \end{cases} \quad (1)$$

где M и m – массы корпуса и колеса; t – время; g – ускорение свободного падения; c_n и $c_{ш}$ – коэффициенты жесткости подвески и шины; z_{a0} – равновесное расстояние между точками m и M ; z_M и z_m – координаты центра масс колеса и точки крепления подвески к корпусу автомобиля; d_n и d_a – коэффициенты демпфирования упругого элемента подвески и гидроамортизатора; z_{m0} – равно-

весная координата центра масс колеса; z_d – координата точки контакта колеса с опорной поверхностью.

Для решения данной системы дифференциальных уравнений второго порядка используется численный метод Рунге-Кутты второго порядка.

Для того, чтобы воспроизвести в модели релаксационный гидроамортизатор, было подобрано аналитическое выражение и параметры функции зависимости коэффициента демпфирования гидроамортизатора, так, чтобы рабочая диаграмма гидроамортизатора совпала с таковой для релаксационного гидроамортизатора (рис. 2), полученной из работы [4]. Чтобы в модели получалась несимметричная диаграмма сжатия была подобрана аналитическая форма зависимости d_a в виде гауссовой зависимости с максимумом при определенной величине смещения z_{cm} :

$$d_a = \begin{cases} d_{от}, & \text{если } v_M - v_m \leq 0; \\ d_{сж}^{\min} + (d_{сж}^{\max} - d_{сж}^{\min}) \cdot \exp\left(-\left(\frac{z_{a0} - (z_m - z_M) - z_{cm}}{\sigma_x}\right)^2\right), & \text{если } v_M - v_m > 0, \end{cases} \quad (2)$$

где $d_{от}$ – коэффициент демпфирования при ходе отбоя; $d_{сж}^{\min}$ и $d_{сж}^{\max}$ – минимальный и максимальный коэффициенты демпфирования при ходе сжатия; z_{a0} – равновесное расстояние между корпусом и колесом; z_{cm} – смещение максимума диаграммы; σ_x – ширина гауссового пика.

Для сравнительного анализа гидравлических амортизаторов построены рабочие диаграммы для обычного жидкостного гидравлического амортизатора с разными коэффициентами демпфирования на ходе сжатия и ходе отбоя (рис. 2, а) и для релаксационного гидравлического амортизатора с несимметричной рабочей диаграммой на ходе сжатия, которая по форме близка к полученной в [1] (рис. 2, б).

Для исследования колебаний автомобиля с релаксационным гидравлическим амортизатором необходимо задать функцию рельефа поверхности $z(x)$, где x – горизонтальная координата. Так как в модели напрямую координата x не участвует, она пересчитывается во время контакта колеса с данной точкой поверхности по формуле $x = v t$. Единичная трапециевидная неровность и гармоническая неровности задавались формулами соответственно:

$$z(t) = \begin{cases} 0, & \text{если } t < t_n \text{ или } t > t_n + \frac{B_n}{v} + 2t_\phi; \\ (t - t_n)H_n, & \text{если } t \geq t_n \text{ и } t < t_n + t_\phi; \\ H_n, & \text{если } t \geq t_n + t_\phi \text{ и } t < t_n + t_\phi + \frac{B_n}{v}; \\ H_n - \left(t - \left(t_n + t_\phi + \frac{B_n}{v}\right)\right)H_n, & \text{если } t \geq t_n + t_\phi + \frac{B_n}{v} \text{ и } t < t_n + 2t_\phi + \frac{B_n}{v}, \end{cases} \quad (3)$$

$$z(t) = A_n \sin(2\pi f_n t), \quad (4)$$

где t_n – время начала контакта с трапециевидной неровностью; t_ϕ – время фронта и спада: время, за которое высота неровности увеличивается с нуля до H_n ; H_n – максимальная высота неровности; B_n – ширина верхней части неровно-

сти; A_n – амплитуда гармонических колебаний; f_n – частота гармонических колебаний.

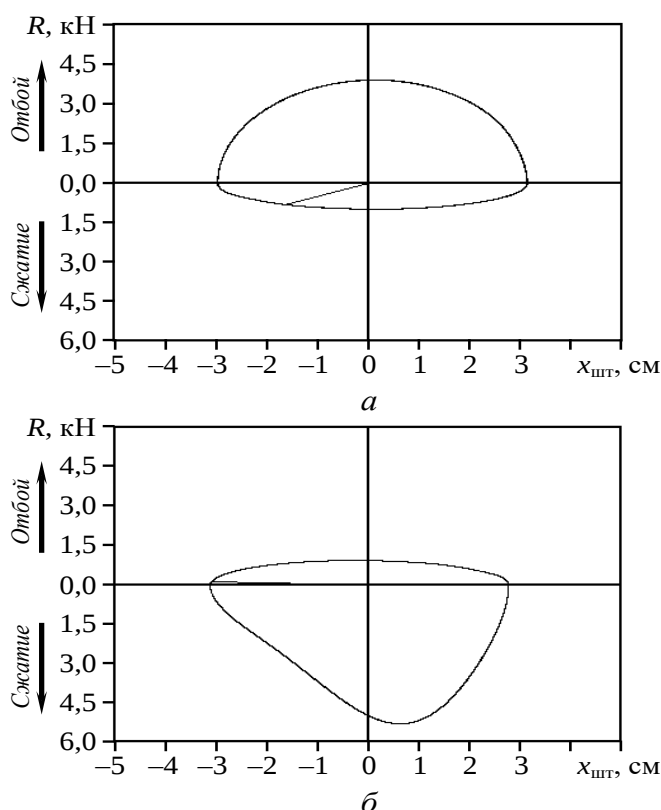


Рисунок 2 – Рабочие диаграммы гидравлического амортизатора, полученные в модели: *а* – линейный симметричный гидравлический амортизатор; *б* – трубчатый жидкостный гидравлический амортизатор с прямым ходом сжатия и ходом отбоя; *в* – релаксационный гидравлический амортизатор

Для практического использования предложенного математического аппарата разработана компьютерная программа «Программа для моделирования движения автомобиля с релаксационными гидравлическим амортизатором» на языке Object Pascal с использованием среды программирования Borland Delphi.

Таким образом, разработана математическая модель движения по дороге с неровностями автомобиля ГАЗ-33081 с широкопрофильными шинами низкого давления, и релаксационными гидравлического амортизатора. Разработанный математический аппарат и реализующая его компьютерная программа позволяют изучить влияние основных параметров гидравлического амортизатора, рельефа опорной поверхности, инерционных параметров подвески на эффективность снижения колебаний корпуса автомобиля.

Библиографический список

1. Бычков, В.П. К вопросу об активизации инновационной деятельности на автомобильном транспорте /В.П. Бычков, В.И. Прядкин //Автотранспортное предприятие. - 2014. - № 2. - С. 26-29.
2. Прядкин, В.И. Мобильные энергосредства сельскохозяйственного назначения на шинах сверхнизкого давления [Текст] : дис. на соиск. уч. степени д-ра. техн. наук: 05.2-.01 / В.И. Прядкин. - М., 2013. – 351 с.
3. Поливаев, О. И. Привод ведущего колеса А. с. 1219420 СССР, МКИ В 60 К 17/32. / О. И. Поливаев, А. Н. Беляев, В. И. Прядкин. - 1986.
4. Дербаремдикер А. Д. Гидравлические амортизаторы автомобиля. – М.: Машиностроение, 1969. – 238 с.
5. Goncharenko, S.V. Elastic characteristics of ultralow-pressure tyres under different loading regimes. Part 1 : vertical and lateral loads / S.V. Goncharenko, V.I Pryadkin // International Polymer Science and Technology. 2011. Т. 38. № 12. С. 24-26.
6. Годжаев З.А., Шевцов В.Г., Лавров А.В., Русанов А.В. Методика расчета максимального контактного давления колесного движителя на почву с использованием универсальной характеристики шины // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. – 2015. – Вып. 2. – С. 83-89.
7. Мышкис, А. Д. Элементы теории математических моделей. 3-е изд. М.: КомКнига, 2007.- 192 с.
8. Гулд Х., Тобочник Я. Компьютерное моделирование в физике. Ч. 2. – М.: Мир, 1990. – 400 с.
9. Хеерман, Д.В. Методы компьютерного эксперимента в теоретической физике. – М.: Наука, 1990. – 176 с.

© Прядкин В.И., Горин А.В., 2018

Прядкин В.И.

доктор техн. наук, профессор кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Pryadkin V.I.

Doctor of technical science, Professor of The Cars & Service Department, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

Горин А.В.

магистрант 2 курса автомобильного факультета Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Gorin A.V.

Magister-student of the 2nd year of The Automotive Faculty, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АВТОМОБИЛЯ С РЕЛАКСАЦИОННЫМ ГИДРОАМОРТИЗАТОРОМ

THE STUDY OF THE DYNAMIC PROPERTIES OF THE VEHICLE WITH THE RELAXATION DRAGON

Ключевые слова: плавность хода, амортизатор, подвеска, широкопрофильная шина низкого давления, грунт.

Keywords: a smooth running, an shock absorber, a suspension, a wide-profile tire low pressure, a ground.

В статье приведены результаты теоретических исследований влияния релаксационного гидравлического амортизатора на динамическую нагруженность подвески автомобиля. Показаны преимущества применения релаксационного гидравлического амортизатора в подвеске автомобиля и определены его оптимальные параметры.

The article presents the results of the theoretical studies of the effect of the relaxation hydraulic shock absorber on the dynamic loading of the car suspension. The advantages of the application of the relaxation hydraulic shock absorber in a suspension of the car are shown and its optimum parameters are defined.

Движение грузового автомобиля по неровным дорогам сопровождается колебаниями неподрессоренных и поддрессоренных масс, что приводит к быстрому утомлению водителей и вынуждает их уменьшить скорость движения [1, 2]. Этот режим движения снижает производительность автомобиля, а также препятствует полной реализации его тягово-динамических возможностей. Повышение плавности хода грузовых автомобилей достигается приданием его конструкции таких качеств, которые обеспечивают уменьшение интенсивности колебаний [3, 4, 5, 6]. Результаты испытаний и данные эксплуатации свидетельствуют том, что в настоящее время плавность хода отечественных грузовых автомобилей еще не в полной мере соответствует дорожным условиям и возросшим требованиям к перевозкам грузов [5, 6].

Для исследования преимуществ релаксационного гидравлического амортизатора [4] по сравнению с обычным гидроамортизатором ранее нами разработана математическая модель [2] автомобиля, движущегося по неровной опор-

ной поверхности и соответствующая компьютерная программа для анализа модели [7, 8]. Цель данной работы заключалась в сравнительном анализе обычного и релаксационного гидроамортизатора на основе результатов компьютерного моделирования.

Для исследования влияния типа неровности и типа гидроамортизатора на эффективность снижения колебаний корпуса проведена серия компьютерных экспериментов [9, 10]. Для единичной трапецевидной неровности провели моделирование трех вариантов двухмассовой системы: без амортизатора, с обычным и с релаксационным гидроамортизаторами (рис. 1, а).

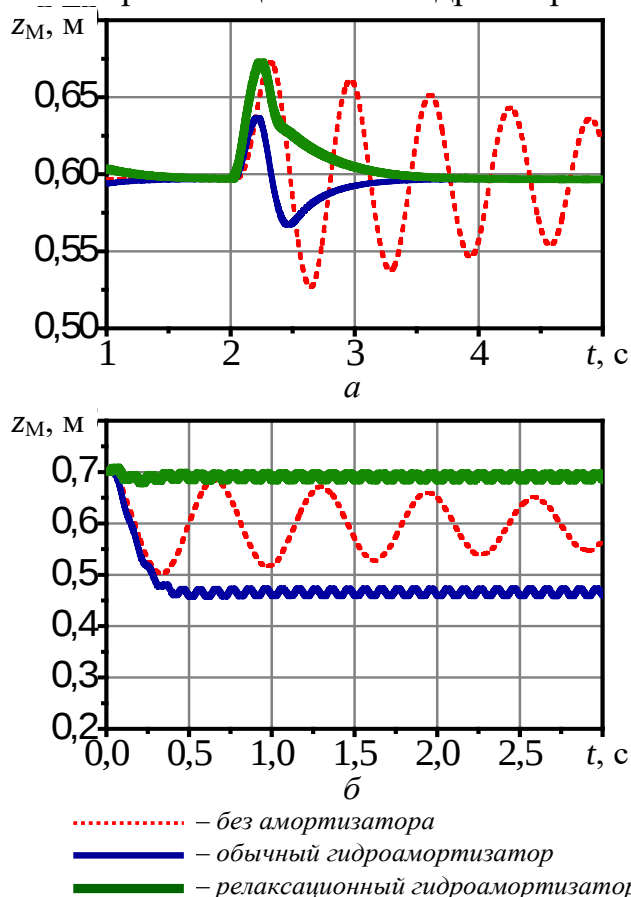


Рисунок 1 – Сравнение колебаний кузова автомобиля для разных типов амортизаторов при переезде через единичную трапецевидную неровность (а) и при въезде на гармоническую неровность (б)

Поэтому единичных неровностях релаксационный гидроамортизатор имеет преимущество перед обычным, которое заключается в меньшем количестве полупериодов колебаний: корпус поднимается вверх и плавно возвращается вниз, тогда как для обычного гидроамортизатора корпус поднимается вверх, совершает колебательное движение вниз, и только после этого плавно поднимается в исходное положение.

Особенно преимущество релаксационного гидроамортизатора проявляется на периодических неровностях. Провели моделирования движения автомобиля по гармоническим неровностям для трех вариантов: без амортизатора, с обычным и релаксационным гидроамортизаторами.

Без амортизатора возмущение от единичной неровности вызывает существенные колебания корпуса автомобиля, долго затухающие под действием сил трения в пружине (рис. 1, а, штриховая линия). Обычный гидроамортизатор при воздействии неровности уменьшает почти в два раза подъем корпуса при встрече с препятствием, однако сразу после этого корпус проседает ориентировочно на 4 см, и только потом постепенно возвращается на исходную высоту (рис. 1, а, тонкая линия). Релаксационный же гидроамортизатор, хотя и несколько хуже гасит воздействие единичной неровности, не приводит к проседанию автомобиля с последующим возвращением (рис. 1, а, толстая линия). После воздействия неровности корпус резко поднимается, но плавно опускается до исходной высоты, не уходя в область проседания.

Если подвеска не имеет амортизатора, при начале воздействия гармонических неровностей корпус начинает существенно колебаться (рис. 2, б, штриховая линия). Обычный гидроамортизатор существенно сглаживает отдельные периоды колебаний, однако при начале воздействия периодической возмущающей функции корпус автомобиля проседает (рис. 2, б, тонкая линия). Это связано с тем, что каждый период на ходе сжатия корпус немного проседает, а на ходе отбоя не успевает вернуться в исходное положение, так как действует сила со следующей неровности. Релаксационный гидроамортизатор практически не приводит к проседанию корпуса (рис. 2, б, толстая линия), так как энергия воздействия со стороны колеса хорошо рассеивается как на ходе сжатия, так и на ходе отбоя. Другим преимуществом релаксационного гидроамортизатора перед обычным является то, что он лучше снижает (ориентировочно на 30 %) высокочастотные колебания корпуса.

Таким образом, на гармонических неровностях релаксационный гидроамортизатор лучше обычно в том, что не вызывает проседание корпуса автомобиля, и лучше снижает высокочастотные колебания корпуса.

Отдельная серия компьютерных экспериментов позволила выяснить, что конструкция и параметры рабочей жидкости релаксационного гидроамортизатора должны обеспечивать эффективный коэффициент демпфирования 15 ... 20 кН·с/м. При меньшем коэффициенте демпфирования слабо рассеивается энергия колебаний, при большем – усиливается механическая связь между колесом и корпусом, из-за чего колебания корпуса так же увеличиваются.

Эффективность релаксационного гидроамортизатора может существенно зависеть от параметров неровностей. В зависимости от типа неровности (единичная или периодическая) релаксационный гидроамортизатор позволяет либо уменьшить количество полупериодов колебания корпуса, либо исключить проседание корпуса при наезде на препятствие. Поэтому целесообразно изучить влияние параметров препятствия на эффективность релаксационного гидроамортизатора.

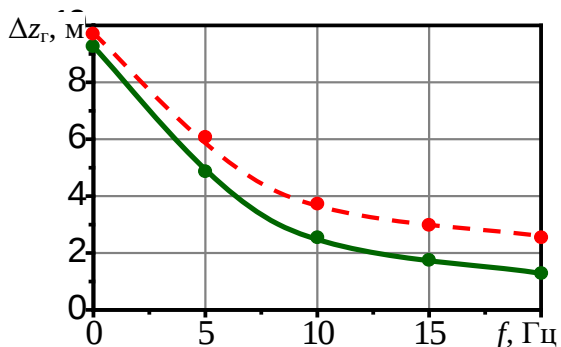


Рисунок 2 – Влияние частоты гармонической неровности на амплитуду колебаний корпуса автомобиля при использовании релаксационного гидроамортизатора: штриховая кривая – обычный гидроамортизатор; сплошная кривая – релаксационный гидроамортизатор

С этой целью проведена серия компьютерных экспериментов по наезду модельного автомобиля в виде двухмассовой механической системы на гармоническую неровность с разной частотой колебаний возмущающей функции: от 0 до 20 Гц с шагом 5 Гц (рис. 2). Также, проведена аналогичная серия для обычного гидроамортизатора с целью сравнительного анализа.

Зависимость амплитуды колебания корпуса автомобиля от частоты возмущений на колесе представляет собой монотонно убывающую функцию по закону, близкому к обратной пропорциональности.

При малой частоте следования гармонических импульсов (при большом расстоянии между периодическими неровностями) колесо и корпус автомобиля практически копируют опорную поверхность, поэтому амплитуда колебаний корпуса Δz_r значительна и составляет почти 10 см – как для обычного, так и для релаксационного гидроамортизатора. С увеличением частоты следования гармонических импульсов энергия колебаний все лучше рассеивается в гидроамортизаторе, а также в шине, поэтому график $\Delta z_r(f)$ быстро убывает. С увеличением частоты f увеличивается преимущество релаксационного гидроамортизатора перед обычным. Если при 5 Гц релаксационный гидроамортизатор снижает амплитуду колебаний на 20 % по сравнению с обычным, то при 20 Гц релаксационный гидроамортизатор практически вдвое эффективнее обычного.

Таким образом, эффективность релаксационного гидроамортизатора на периодических неровностях существенно повышается с частотой следования возмущающих импульсов от опорной поверхности. Преимущество релаксационного гидроамортизатора перед обычным, в плане снижения амплитуды колебаний корпуса, повышается с увеличением частоты следования возмущающих импульсов от опорной поверхности с 20 % при 5 Гц до 100 % при 20 Гц.

Таким образом, сравнительный анализ релаксационного и обычного гидроамортизаторов позволил выявить преимущества релаксационного гидроамортизатора и определить его оптимальные параметры.

Библиографический список

- 1 Бычков, В.П. К вопросу об активизации инновационной деятельности на автомобильном транспорте [Текст]/В.П. Бычков, В.И. Прядкин //Автотранспортное предприятие. - 2014. - № 2. - С. 26-29.
2. Прядкин, В.И. Мобильные энергосредства сельскохозяйственного назначения на шинах сверхнизкого давления [Текст] : дис. на соиск. уч. степени д-ра. техн. наук: 05.2-.01 / В.И. Прядкин. - М., 2013. – 351 с.
3. Поливаев, О. И. Привод ведущего колеса А. с. 1219420 СССР, МКИ В 60 К 17/32. [Текст] / О. И. Поливаев, А. Н. Беляев, В. И. Прядкин. - 1986.
4. Дербаремдикер, А. Д. Гидравлические амортизаторы автомобиля. – М.: Машиностроение, 1969. – 238 с.
5. Goncharenko, S.V.Elastic characteristics of ultralow-pressure tyres under different loading regimes. Part 1 : vertical and lateral loads [Text]/ S.V. Goncharenko, V.I Pryadkin // International Polymer Science and Technology. 2011. Т. 38. № 12. С. 24-26.
6. Годжаев, З.А., Шевцов В.Г., Лавров А.В., Русанов А.В. Методика расчета максимального контактного давления колесного движителя на почву с использованием универсальной характеристики шины // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. – 2015. – Вып. 2. – С. 83-89.
7. Мышкис, А. Д. Элементы теории математических моделей. — 3-е изд., испр. — М.: КомКнига, 2007. — 192 с.
8. Инженерные расчеты на ЭВМ: Справочное пособие / Под ред. В.А. Троицкого. - Л.: Машиностроение, 1979. - 288 с.
9. Гулд, Х., Тобочник Я. Компьютерное моделирование в физике. Ч. 2. – М.: Мир, 1990. – 400 с.
10. Хеерма, Д.В. Методы компьютерного эксперимента в теоретической физике. – М.: Наука, 1990. – 176 с.

© Прядкин В.И., Горин А.В., 2018

Салабаш К.О.

студент 3 курса кафедры
транспортных процессов и
технологий Владивостокского
государственного университета
экономики и сервиса, РФ

Чубенко Е.Ф.

канд. техн. наук, доцент кафедры
транспортных процессов и
технологий Владивостокского
государственного университета
экономики и сервиса, РФ

Salabash K.O.

3th year student of the Department
transport processes and technologies,
Vladivostok state University of
Economics and service,
Russian Federation

Chubenko E.F.

Ph.D., assistant professor transport
processes and technologies, Vladivostok
state University of Economics and service,
Russian Federation

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ТЮНИНГА ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ КАК АЛЬТЕРНАТИВНОГО СПОСОБА РЕМОНТА СИЛОВЫХ УСТАНОВОК АВТОМОБИЛЕЙ

SOME TUNING OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES AS AN ALTERNATIVE METHOD OF REPAIR OF POWER PLANTS OF VEHICLES

Ключевые слова: альтернативный сервис, транспорт, двигатель, тюнинг, ремонт.

Keywords: alternative service, transport, engine, tuning, repair.

В статье изложены некоторые возможные улучшения технических и эксплуатационных характеристик бензиновых двигателей внутреннего сгорания. Тюнинг является одним из самых популярных и эффективных методов такого улучшения, а также альтернативой ремонту как основному виду технической операции при снижении характеристик заложенных заводом изготовителем.

The article describes some possible improvements technical and operational characteristics of gasoline internal combustion engines. Tuning is one of the most popular and effective methods for such improvement, as well as an alternative to repair as its core technical operations in the decrease of performance established by the manufacturer.

Для Дальнего Востока, где средний возраст автопарка 16 лет актуальной является проблема получения более высоких технических и эксплуатационных характеристик, а именно уменьшение расхода топлива, увеличение мощностных и скоростных характеристик двигателей.

Традиционно проблема ремонта поддержанных японских автомобилей с целью улучшения характеристик и их полного и частичного восстановления заключается в замене мелко- и крупноблочных деталей и узлов двигателя, что рекомендуют заводы производители, но изначально не позволит повысить заложенные при производстве параметры в интересах заказчика в рамках требований Нормативных документов [1, статья 12.5].

Представленная статья описывает альтернативный метод ремонта, а именно тюнинг ДВС, главной целью которой является разработка подходов к техническим операциям по увеличению максимальной мощности на 15-30% путём доработки головки блока цилиндров и индивидуальной настройки электронного блока управления. Это требует решить следующие задачи:

- 1) Оценить эффективность всех способов доработки ГБЦ и ЭБУ.
- 2) Произвести дефектовку двигателя.

2) Выполнить выбранные доработки с помощью специального инструмента.

3) Оценить полученные результаты.

Оборудование: Автомобиль марки Nissan Laurel с ДВС RB20DET(4-ёх тактный, 6-ти цилиндровый, рабочий объём 2.0 литра, инжекторная система питания, оснащён турбонагнетателем). Станочное оборудование (токарный, фрезерный). Рабочий инструмент (набор гаечных ключей, фреза шаровая, бумага наждачного типа, строительная дрель, специальные шарошки, штангенциркуль). Рабочее место с доступом к вышеперечисленому оборудованию.

Работы: 1) Увеличение диаметра седел клапанов или их замена на большего диаметра (по необходимости). 2) Деинсталляция старых клапанных направляющих. 3) Увеличение диаметра и изменение формы каналов головки блока цилиндров (ГБЦ). 4) Снижение шероховатости каналов шлифованием. 5) Совмещение впускного и выпускного коллекторов с каналами в головке. 6) Доработка камеры сгорания ГБЦ. 7) Доработка впускных и выпускных клапанов. 8) Обработка клапанных седел – восстановление / правка рабочих фасок. 9) Измерение объема камеры сгорания в ГБЦ (при необходимости). 10) Фрезеровка плоскости головки. 11) Предварительная сборка головки блока цилиндров и проверка хода пружин до смыкания витков. 12) Установка необходимого преднатяга клапанных пружин. 13) Окончательная сборка ГБЦ. 14) Внедрение механического бустконтролера в систему управления турбонагревателем. 15) Настройка электронного управления подачей топлива на стандартном ЭБУ.

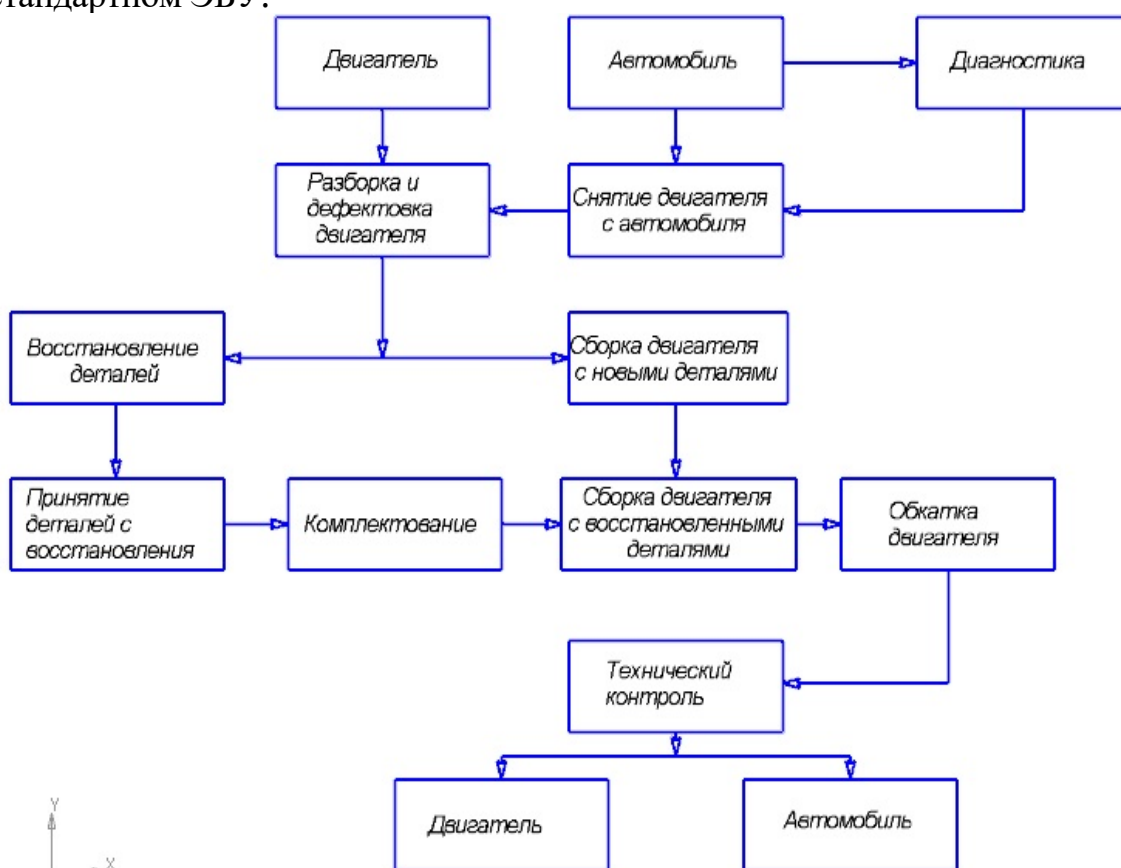


Рисунок 1 – Схема технологического процесса

Характеристики силовой установки RB20DET: Угол опережения зажигания 20 ± 2 . Обороты холостого хода 650 (АКПП) об/в мин. Компрессия ед.измерения МПа(кг/см³)/300 об.мин-1,26(12,4)- нормальное, 0,96(9,3) – допустимое, 0,10(1,0) – различие между цилиндрами. Диаметр цилиндра и ход 78 мм

х 69.7 мм. Крутящий момент 270 Н*м при 3200 об/в мин. Мощность 210л.с. при 6400 об/в мин. Степень сжатия 8.5. Продолжительность распредвала 240°in, 240°ex: 7.8 мм в, 7.8 мм –подъём клапанов. 265 см³ /мин - максимальная производительность стоковых форсунок. Углы открытия клапанов: Впуск=5° Выпуск=60°. Углы закрытия клапанов: Впуск=55° Выпуск= 0° .

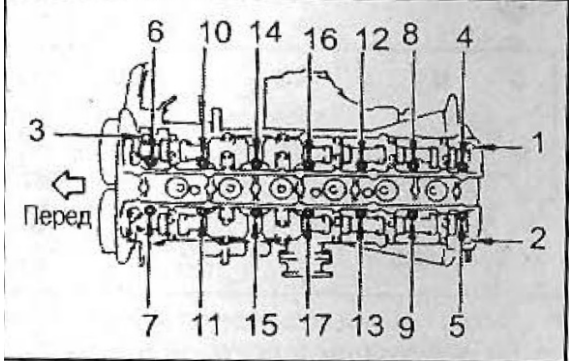
Как известно, мощность двигателя пропорциональна количеству топливовоздушной смеси, попадающей в цилиндры. При прочих равных, двигатель большего объема пропустит через себя больше воздуха и, соответственно, выдаст больше мощности, чем двигатель меньшего объема. Если нам требуется, чтобы маленький двигатель выдавал мощности как большой или мы просто хотим, чтобы большой выдавал еще больше мощности, нашей основной задачей станет поместить больше воздуха в цилиндры этого двигателя. Естественно, мы можем доработать головку блока и установить спортивные распредвалы, увеличив продувку и количество воздуха в цилиндрах на высоких оборотах. Мы даже можем оставить количество воздуха прежним, но поднять степень сжатия нашего мотора и перейти на более высокий октан топлива, тем самым подняв КПД системы. Все эти способы действенны и работают в случае, когда требуемое увеличение мощности составляет 10-20%.

Данные выводы имеют как практическое так и теоретическое подтверждение с помощью следующих зависимостей.

Таблица 1 – Перечень выполняемых работ при тюнинге двигателя RB20DET

Наименования операции	Пояснения к операции (если необходимо)
Сбросить избыточное давление топлива	
Снять кабель с отрицательной клеммы аккумулятора	
Снять воздухопровод и резонатор в сборе	
Снять трубу для впуска воздуха	
Слить охлаждающую жидкость из радиатора	
Слить охлаждающую жидкость из блока ци-	Открутить сквозной болт подачи ох-

линдров	лаждающей жидкости на турбину
Снять вентилятор охлаждения	
Снять радиатор	
Снять приводные ремни	
Снять переднюю выхлопную трубу	
Снять турбонагнетатель в сборе с аутлетом	
Снять выпускной коллектор	
Снять впускной коллектор	
Снять топливную рейку с форсунками	

Снять трубу впускного коллектора	
Снять клапанные крышки	
Снять ремень ГРМ, звёздочки распредвалов, заднюю крышку ремня ГРМ	
Снять трубку возврата топлива и открутить установочный болт сверху кронштейна насоса рулевого управления	
Открутить вспомогательные болты 1-3	
Открутить болты крепления головки цилиндров 4-17	
Снять головку цилиндров в сборе	Для снятия ГБЦ в сборе ослабить болты в порядке показанном на рисунке
Снять прокладку головки цилиндров	
Снять распредвалы	

Снять гидрокомпенсаторы клапанов	
Снять клапанные сухари	С помощью съёмника сжать клапанную пружину. Намагнитенной отвёрткой снять сухари.
Снять держатель клапанной пружины и пружину	
Снять все клапана	
Произвести очистку от нагара впускных и выпускных каналов, камеры сгорания и клапанов	

Для подтверждения улучшенных характеристик рекомендуется применение динамометрического стенда для бензиновых двигателей.

Результаты можем сравнить с полученными заводом изготовителем.

Библиографический список

1. "Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях" от 30.12.2001 N 195-ФЗ (ред. от 29.07.2017) (с изм. и доп., вступ. в силу с 10.08.2017).
2. A new approach for optimum selection of a turbocharger using a genetic algorithm / Sanaye, S., Sedghi Ghadikolaee, S., Ghasemi, M.M., Rahimi, G. // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part D Journal of Automobile Engineering, 2015. № 229(8), pp.1016-1033.
3. Лиханов В.А., Девятьяров Р.Р. Расчет двигателей внутреннего сгорания: Учебное пособие». 3-е изд., испр. и доп. Киров: Вятская ГСХА, 2008. – 69 с.
4. Степанов, В.Н. Тюнинг автомобильных двигателей. – Алфамер Паблишинг, 2000.
5. Петросов, В.В. Ремонт автомобилей и двигателей . – Академия, 2005.
6. Стуканов, В.А. Основы теории автомобильных двигателей и автомобиля . – Форум 2005.
7. Киркач Н.Ф., Баласанян Р.А. Расчет и проектирование деталей машин . – Основа, 1991.
8. Туревский, И.С. Теория автомобиля . – М.: Высшая школа, 2005.
9. Бекман, В.В. Гоночные автомобили. – Л.: Машиностроение. ,3-е изд., перераб. и доп. 1980
10. Nissan двигатели rb20e, rb25de, rb25det, rb26dett. Устройство, техническое обслуживание, ремонт. Новосибирск:–“Автонавигатор” 2006.

© Салабаш К.О., Чубенко Е.Ф., 2018

УДК 628.179+628-1/-9+629.1.04+629.1.06+696.14

Семенов А.Г.

канд. техн. наук, доцент кафедры
«Инжиниринг силовых установок
и транспортных средств»
Санкт-Петербургского
политехнического университета
Петра Великого, РФ

Semenov A.G.

Ph.D., assistant professor of the Department "Engineering of Engines and Transport Vehicles" of Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University. Russian Federation

**ПРОБЛЕМЫ И ВОЗМОЖНОСТИ
РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДЫ
В ГИДРОСИСТЕМАХ АВТОТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ**

**PROBLEMS AND POSSIBILITY
OF THE RATIONAL USE OF WATER
IN GIDROSISTEMAH AUTOTRANSPORT INFRASTRUCTURES**

Ключевые слова: лесохозяйственная инфраструктура, автохозяйства, сантехническое оборудование, гидросистема, унитаз, ресивер, клапан, экономия воды, автоматика.

Keywords: wood-economic infrastructure, autofacilities, sanitary-technical equipment, hydraulic system, bowl, container-drive under pressure, valve, economy of water, automation.

Изложены авторские предложения теоретического и конструкторского характера по замене гидравлических сантехнических узлов (ватерклозетов) на более совершенные (главным образом, в отношении экономии расхода воды – с 6-8 л до 2 л на слив). Принципиально новый гидроклапан имеет более широкое назначение. Попутно решен ряд задач технологии производства, дизайна и экономики. Мировой уровень новизны и изобретательский уровень разработки подтвержден патентами на изобретения. Проект создан в инициативном порядке, в основном на предприятии ООО «Е.С.Д.» (Санкт-Петербург, Ген. директор Гурьянов В.С.).

They Are Stated author's offers theoretical and design nature on change hydraulic sanitary-technical nodes (the water toilet) on more making (mainly, in respect of spare consupcion of water - with 6-8 l before 2 l on discharge). In principal new hydraulic valve has a more broad purpose. Is it At the same time solved row of the problems to technologies production to such product, design and economy. The World-level of novelty and invention level of the development are confirmed patent for inventions. The Project is created in initiative order, on enterprise Society with limited liability "E.S.D" (Saint Petersburg, General director Guriyanov V.S.).

Проблематика и постановка задачи

Излагаемое относится к сантехническим устройствам (ватерклозетам) для инфраструктурных комплексов лесозаготовительных, лесообрабатывающих и автотранспортных хозяйств – служебных и бытовых помещений.

Из мировой практики, при пользовании туалетом расходуется 25-30% всей воды, потребляемой в быту. В условиях дефицита питьевой воды в ряде государств и регионов, вопрос экономии воды, потребляемой в туалете, ста-

вится на повестку дня в высших государственных органах. Так, например, Конгрессом США по поводу экономии воды в туалетах в 1994 году был принят специальный закон. В 2014-2015 гг. этому актуальному вопросу уделила внимание Администрация Совета Европы. Казавшийся когда-то незначительным, в наше время с непрерывным ростом цен на энергоносители, вопрос экономии воды становится важным экологическим и экономическим фактором, выливаясь в социальную проблему. Более того, учитывая острейший дефицит в России в производстве оригинальных бытовых приборов, вопрос поставки на рынок самых экономичных «русских» унитазов, на которые можно посадить весь мир, является, на наш взгляд, и политическим вопросом.

Ныне на рынке унитазов доминируют, в основном, два типа с примерной географией: Европа, Россия, Китай и часть Азии – унитазы сливного типа, США, Южная Америка и другая часть Азии – унитазы сифонного типа. Расход воды в них «по-большому» и «по-малому» – 6+3 и 6+4,5 л соответственно. А как показали скрупулёзные немцы, фактический расход составляет 10+5,5 л (повторный смыв и работа «ёршиком»).

Проблематика сантехнических устройств в инфраструктуре предприятий лесозаготовительной и лесобработывающей отраслей, транспортно-технологического комплекса имеет общие корни с проблематикой всех вообще стационарных сантехнических устройств служебно-бытового назначения в жилых домах и общественных («присутственных») местах – в учреждениях, на предприятиях, в гостиницах, общежитиях и т.д. Там, где имеют место шесть важнейших ее особенностей [1, 2]:

- КПД в пределах 1% , поскольку в традиционном ватерклозете воду для слива под магистральным давлением в стояках величиной 1,0-2,5 атм. подают в негерметичный сливной бачок объемом 9-12 л и спускают в чашу унитаза под гидростатическим плюс атмосферным давлением, величина которого на два порядка ниже исходного в стояке;

- для автоматического забора и ручного спуска воды из бачка в чашу унитаза до сих пор бачок «нашпигован» механизмами, которые неизбежно подвергаются коррозии, засору, заселению разнообразными формами жизни и регулярно ломаются «сами» или вандалами;

- как следствие первой особенности, потребный расход воды на смыв составляет порядка 6-10 л. даже при новом устройстве, а как следствие второй особенности, при неисправности аварийные утечки несопоставимо выше;

- смывной поток в магистрали нерационален структурно и не использует потенциальные возможности газожидкостных смесей в повышении качества смыва и автоматической очистки чаши от ржавчины и прочих отложений;

- конфигурация сливной магистрали и чаши унитаза неоптимизирована;

- эксплуатационный цикл (пришел – решил физиологическую проблему – выполнил санитарго-гигиенические требования – ушел) не автоматизирован или автоматизирован частично.

На транспорте, «на колесах» первые две проблемы «сглажены» применением системы слива под давлением более высоким, создаваемым гидронасо-

сом. Остальные же продолжают стоять «в полный рост», и именно на транспорте проблема снижения потребного запаса воды, экономного ее расхода и энергосбережения вообще имеет существенно большее значение, чем в стационарных вариантах применения. В этом можно убедиться, обратившись к такой же проблематике у «соседей» – железнодорожников (см. «свежую» литературу [3]).

Итак, очевидна назревшая инновационная задача: повышение технико-эксплуатационных и экономических характеристик (ТЭиЭХ) сантехнических устройств (ватерклозетов), прежде всего для эксплуатации инфраструктурных производственных и жилых комплексов.

Пути решения проблемы

Актуальна тотальная модернизация сантехнического хозяйства в указанных выше областях деятельности, на основе устройств нового поколения, – инновационных предложений, – разработанных с научно-техническим обоснованием, длительной экспериментальной проверкой с убедительной эффективностью, а также экспертным подтверждением промышленной осуществимости, мировой новизны и изобретательского уровня [1, 2, 4-7].

Спектр принципиально новых технических решений, определяющих статусный уровень «новое поколение», можно укрупненно пояснить на обобщенной схеме сантехнического устройства (рис. 1).

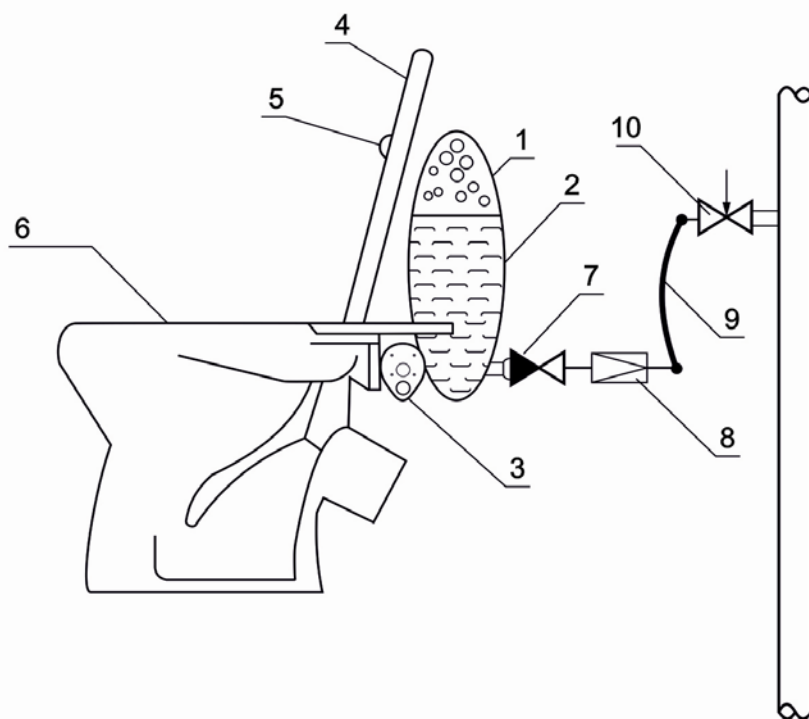


Рисунок 1 – Обобщенная схема сантехнического агрегата:

- 1 – воздушная подушка; 2 – сосуд-накопитель с водой и воздухом;**
- 3 – клапан подачи воды в чашу унитаза; 4 – крышка унитаза; 5 – сенсор;**
- 6 – собственно унитаз; 7 – обратный клапан; 8 – клапан давления;**
- 9 – гибкая подводка; 10 – вентиль подачи воды от стояка (в стационарном варианте) или от бака с насосом (в транспортном варианте)**

Основополагающие технические решения:

1) смывной бачок выполнен в виде гидроаккумулятора, то есть герметичного сосуда-накопителя для сливной порции воды при повышенном давлении воды и воздушной пробки - «пневмопружины», причем он же – импульсный насос со стабилизатором, при этом впускной патрубок «бачка» соединен с источником воды под давлением, в транспортном варианте – с гидронасосом (привод насоса на илл. не показан), а в стационарном – со стояком магистральной гидросистемы под давлением 1,0-2,5 атм. (в зависимости, например, от этажности здания со стояком);

2) выпускной патрубок гидроаккумулятора соединен с впускным патрубком унитаза через соленоидный клапан с «опрокидывающимся» потоком – клапаном с качественно новым газодинамическим эффектом (с «правильной» кавитацией) по смыву и очистке в пределах чаши унитаза и эффективно-сти удаления фекальных масс;

3) предусмотрен (разработан) автоматический компенсатор потерь воздуха в «пневмопружине»;

4) оптимизирована, с адаптацией к параметрам нагнетательной подсистемы и клапану с «опрокидывающимся» потоком, форма сливной гидровоздушной магистрали;

5) полностью автоматизирована технология пользования, на основе ИК-датчика присутствия пользователя на определенной дистанции (узел управления с микрокомпьютером, с питанием от четырех батареек АА по 1,5 В).

Устройство и работа ватерклозета очевидны для специалистов из рис. 1, где основные элементы устройства обозначены позициями.

Совершенствование ватерклозетов нового поколения увенчалось созданием

– «Раскладушки» – компактной модели (концепции) сантехнического комплекса как для транспортных, так и для стационарных ватерклозетов, особенностью которой является конструктивно-функциональное совмещение сосуда-накопителя с крышкой унитаза (рис. 2) [6];

– универсального гидравлического клапана с «опрокидывающимся» потоком оптимизированной конфигурации (рис. 3) [7].

Описанные инновационные предложения позволяют устранить большинство «родных» недостатков ватерклозетов «текущего» поколения, в частности, снизить только смывной расход воды до 1,5-3 литров.

Опытная проверка работоспособности и эффективности устройств, включая ресурсные испытания и оценку водосбережения и надежности на протяжении двух последних десятилетий, а также практическое использование серийных партий на нескольких площадках, в основном С.-Петербурга, подтвердили оптимистические прогнозы. Среди таких площадок были даже столь «экстремальные» по условиям эксплуатации, как общежитие студентов С.-Петербургского Политехнического института/университета.

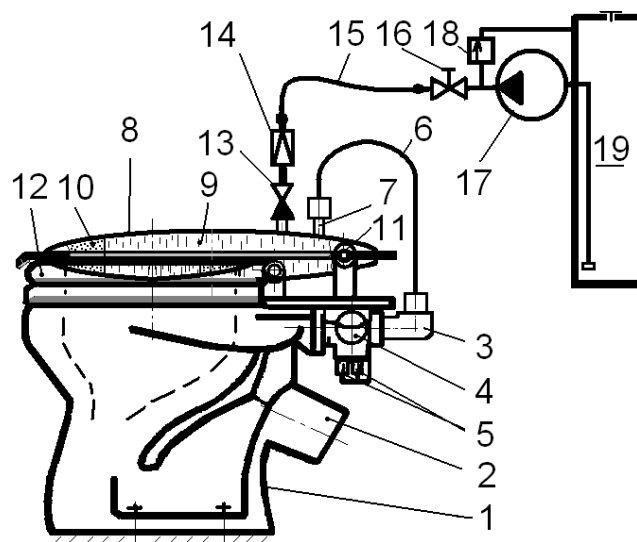


Рисунок 2 – Обобщенная схема складного варианта сантехнического агрегата («Раскладушка») с двухфункциональным устройством «крышка – сосуд-накопитель»:

1 – унитаз; 2 – выходной патрубок унитаза; 3 – входной патрубок унитаза (спускной гидроклапана); 4 – спускной гидроклапан; 5 – соленоид(ы) спускного гидроклапана; 6 –подводка выпускной магистрали; 7 – выпускной патрубок сосуда-накопителя; 8 – герметичный сосуд-накопитель (он же – крышка унитаза); 9 – сливная порция воды под давлением; 10 – «пневмопружина» под давлением; 11 – шарнир поворота сосуда-накопителя; 12 – стульчак; 13 – заборный патрубок сосуда-накопителя; 14 – заборный клапан с устройством компенсации потери воздуха; 15 – подводка впускной магистрали; 16 – заборный вентиль; 17 – гидронасос; 18 – перепускной клапан; 19 – бак

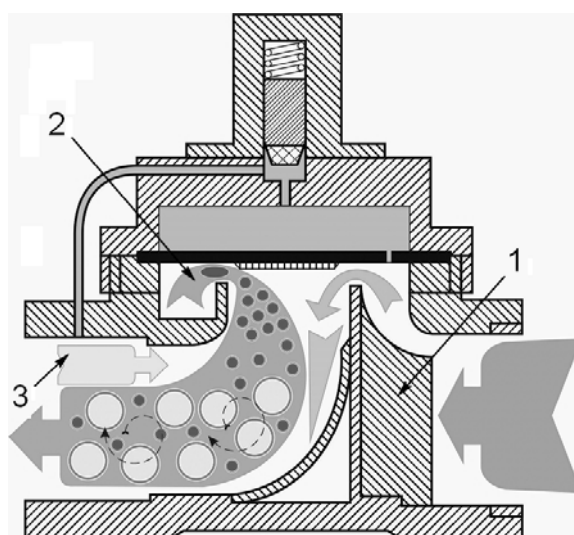


Рисунок 3 – Устройство и схема работы клапана с «опрокидывающимся» потоком (продольное сечение):

1 – рассекаТЕЛЬ; 2 – «опрокидывающийся» поток; 3 – инжeктируемый воздух

Системы апробированы [1, 2, 8-10] и запатентованы в России [4-7].

Проблемы и инновационный путь их разрешения неоднократно освещены в научной литературе [11, 12] и средствах массовой информации. Одна из последних таких публикаций – радиостанции «Свобода» [13].

Что касается технических и организационных попыток зарубежных конкурентов «выбраться из туалетного кризиса», то с этим вопросом можно ознакомиться по источникам информации [14-19].

Разработанное, исследованное теоретически и экспериментально, описанное в данной статье водосберегающее сантехническое устройство в случае организации крупносерийного или массового производства (при себестоимости, сравнимой с себестоимостью бюджетных образцов) может послужить для импортозамещения.

Заключение

Инновационные предложения по переоснащению инфраструктуры отрасли(ей) (производственных зданий и жилых домов, транспорта) ватерклозетами нового поколения базируются на запатентованных при участии автора в последние годы (2007-2017 гг.) гидравлических системах/устройствах – бачке с воздушной «подушкой», компенсаторе потерь воздуха в воздушной «подушке», клапане с «опрокидываемым потоком», электронной автоматической системе управления, оптимальной геометрии унитаза (гидравлического тракта и чаши), многофункциональных устройствах и др. Себестоимость изделий сопоставима с сегодняшними бюджетными сантехническими устройствами. Эффективность такой модернизации доказана экспериментально и эксплуатацией серийных партий на нескольких площадках, главным образом Санкт-Петербурга. Разработанное водосберегающее сантехническое устройство в условиях организации крупносерийного или массового производства может послужить для импортозамещения.

Библиографический список

1. Гурьянов В.С. Санитарно-техническое устройство // Инновационная политика и изобретатели (Россия – начало XXI века): Материалы Межрегиональной науч.-практич. конф. изобретателей и Каталог изобретений. 28-29 апреля 2009 г., СПбГПУ / Под общ. ред. Ю.Г. Попова и А.Г. Семенова. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010. – С. 195-197.
2. Гурьянов В.С. Разработка и поставка на рынок принципиально новой конструкции сантехнического устройства *INNOSAN* для унитаза // Изобретатели в инновационном процессе России: Материалы науч.-практич. конф. с международным участием. 20-21 декабря 2013 г., СПбГПУ / Под ред. Ю.Г. Попова и А.Г. Семенова. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. – С. 342-344.
3. Сантехнический комплекс транспортного средства: пат. Рос. Федерация / В.Д. Черняк, В.С. Рузавин. – № 2176965; приоритет 23.03.01; опубл. 20.12.01.
4. Санитарно-техническое устройство унитаза, работающее при повышенном давлении с обратно включенной воздушной «подушкой»: пат. Рос. Федерация / Рахметулов Ю.К., Рахметулов А.Ю., Гурьянов В.С. – № 2007108709/03; приоритет 02.03.07; опубл. 10.09.08. Бюл. № 25.

5. Устройство автоматического смыва для унитаза: пат. Рос. Федерация / Гурьянов В.С., Шевелев В.В. – № 2461684; приоритет 17.03.11; опубл. 20.09.12. Бюл. № 26.
6. Санитарно-техническое устройство / Гурьянов В.С., Семенов А.Г. – № 2557720; приоритет 15.07.14; опубл. 27.07.15. Бюл. № 21.
7. Устройство смыва для унитаза: пат. Рос. Федерация / Гурьянов В.С., Семенов А.Г. – № 2569034; приоритет 15.07.14; опубл. 20.11.15. Бюл. № 32.
8. Гурьянов В.С. ИнноСан – победитель конкурса инноваций // Facility Manager. Управление и эксплуатация недвижимости. – 2013. - № 2 (02). – С. 3-4.
9. Гурьянов В.С. Новый унитаз с отличными качествами смыва // Журнал Сантехника, Отопление, Кондиционирование (С.О.К.). – 2015. - № 3. OpenMP: сайт. – URL: <https://www.c-o-k.ru/articles/novyy-unitaz-s-otlichnymi-kachestvami-smывa>.
10. Гурьянов В.С., Семенов А.Г. Инновации на железных дорогах: переоснащение подвижного состава и стационарных объектов ватерклозетами нового поколения // Транспортные и транспортно-технологические системы: Материалы Международной науч.-технич. конф. 14.04.2016 г., г.Тюмень, ТюмГНГУ. 2016. – 329с. ISBN 978-5-9961-1216-6. – С. 103-107.
11. Ильючик И.А., Третьякова М.Л. Оперативное управление инновационными проектами в сложных наукоемких производствах // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. – 2017. – Т.4. – № 1(7). – С. 354-357.
12. Кудрявцева О.В., Яковлева Е.Ю. Учет потоков воды, используемой в экономике России, и расчет водоемкости продукции, отправляемой на экспорт // Водные ресурсы [Water Resources, SCOPUS]. – 2016. – № 5. – С. 451.
13. Слив – дело хитрое / Андрей Королев. СПб.: Радиостанция «Свобода», 04 февраля 2016. OpenMP: сайт. – URL: <http://www.currenttime.tv/content/article/27473768.html>; https://youtu.be/H_1HIM4d-zI.
14. OpenMP: сайт. – URL: <http://www.c-o-k.ru/articles/pochemu-b-lshaya-chast-kompaktunitazov-s-evropeyskoy-sistemoy-sliva-ne-obespechivaet-ego-udovletvoritelnogo-kachestva> (дата обращения 01.07.2017).
15. Система смыва в унитазе // Для журнала "100% ванны" (приложение к журналу "Интерьер+Дизайн"), - 2003. OpenMP: сайт. – URL: <http://gausy.narod.ru/html/smyv-unitaz.html>.
16. Съёмное устройство регулирования объема воды для туалета со смывом водой под давлением (варианты): пат. Рос. Федерация / Бех Т.П. (США). – № 2001132962; приоритет 06.12.02; опубл. 20.08.03.
17. Чупраков Ю.И. Наполнительная арматура для смывных бачков, адаптированная к российским условиям эксплуатации // Журнал Сантехника, Отопление, Кондиционирование (С.О.К.). – 2016. – № 7. OpenMP: сайт. – URL: <https://www.c-o-k.ru/articles/napolnitelnaya-armatura-dlya-smывnyh-bachkov-adaptirovannaya-k-rossijskim-usloviyam-ekspluatatsii>.
18. Чупраков Ю.И. Почему большая часть компакт-унитазов с европейской системой слива не обеспечивает его удовлетворительного качества? // Журнал Сантехника, Отопление, Кондиционирование (С.О.К.). – 2016. – № 8. OpenMP: сайт. – URL: <https://www.c-o-k.ru/articles/pochemu-b-lshaya-chast-kompaktunitazov-s-evropeyskoy-sistemoy-sliva-ne-obespechivaet-ego-udovletvoritelnogo-kachestva>.
19. Чупраков Ю.И. Какие гидроредукторы давления следует устанавливать в квартирах и почему? // Журнал Сантехника, Отопление, Кондиционирование (С.О.К.). – 2016. – № 5. OpenMP: сайт. – URL: <https://www.c-o-k.ru/articles/kakie-gidroreduktory-davleniya-sleduet-ustanavlivat-v-kvartirah-i-pochemu>.

УДК 621.436+004.942

Семыкина А.С.

Аспирант направления подготовки
«Машиностроение»
Белгородского государственного
технологического университета им.
В.Г. Шухова, РФ

Федоров А.С.

Магистрант кафедры эксплуатации и
организации движения автотранспорта
Белгородского государственного
технологического университета им.
В.Г. Шухова, РФ

Загородний Н.А.

к.т.н., доцент кафедры эксплуатации и
организации движения автотранспорта
Белгородского государственного
технологического университета им.
В.Г. Шухова, РФ

Semykina A.S.

postgraduate student of specialty
"mechanical engineering" of the
Belgorod State Technological
University. VG Shukhov, Russian
Federation

Fedorov A.S.

Master of the operation and organization
of the movement of vehicles, Belgorod
State Technological University. VG
Shukhov, Russian Federation

Zagorodniy N.A.

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of the operation and
organization of the movement of
vehicles, Belgorod State Technological
University. VG Shukhov,
Russian Federation

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПОИСКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ СИСТЕМЫ СМАЗКИ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ АВТОМОБИЛЯ

DEVELOPMENT OF THE ALGORITHM OF TROUBLESHOOTING IN THE LUBRICATION SYSTEM OF THE DIESEL ENGINE OF THE VEHICLE

Ключевые слова: дизельный двигатель, система смазки, масляный насос, функциональный отказ, неисправность, алгоритм поиска неисправностей.

Keywords: diesel engine, lubrication system, oil pump, functional failure, malfunction, algorithm of search of malfunctions.

Аннотация: Рассмотрены неисправности системы смазки. Построен алгоритм поиска неисправностей системы смазки. Установлено, что с помощью алгоритма возможно оперативно восстановить работоспособность системы смазки, а также снизить риски нарушения безопасности при возникающей неисправности.

Abstract: Malfunctions of the lubrication system are considered. An algorithm for finding faults in the lubrication system has been developed. It is established that with the help of the algorithm it is possible to quickly restore the operability of the lubrication system, as well as to reduce the risks of a safety violation in the event of a malfunction.

Неисправности системы смазки могут привести к возникновению других неисправностей дизельного двигателя. Недостаточное количество смазывающего материала или отсутствие его вовсе, увеличивает силу трения между сопрягаемыми поверхностями. Износ цилиндропоршневой группы, разрушение поршней, заклинивание распределительного вала, загибы клапанов и др. нарушают работу двигателя в следствии отсутствия масляной пленки, что влечет за собой вложение больших материальных средств на проведение капитального ремонта двигателя, на устранение возникших неисправностей. Поэтому поиск неисправностей на начальном этапе в настоящее время является актуальной задачей.

Система смазки в своем жизненном цикле может находиться в 2х состояниях: технически исправном и технически неисправном состояниях. Данные неисправности могут иметь различную степень тяжести и приводят к различным последствиям. Поэтому при использовании алгоритмов поиска неисправностей возможно предупредить возникающие отказы с тяжелой степенью тяжести и предупредить капитальный ремонта двигателя.

Для диагностирования систем двигателя определена взаимосвязь между отказами двигателя и характеристиками моторного масла. Обнаружение вероятных отказов двигателя производится на основе изменения параметров моторного масла, чему свидетельствует таблица 1.

Для усовершенствования технологического процесса поиска неисправностей системы смазки воспользуемся алгоритмом поиска неисправностей, указанным на рисунке 1.

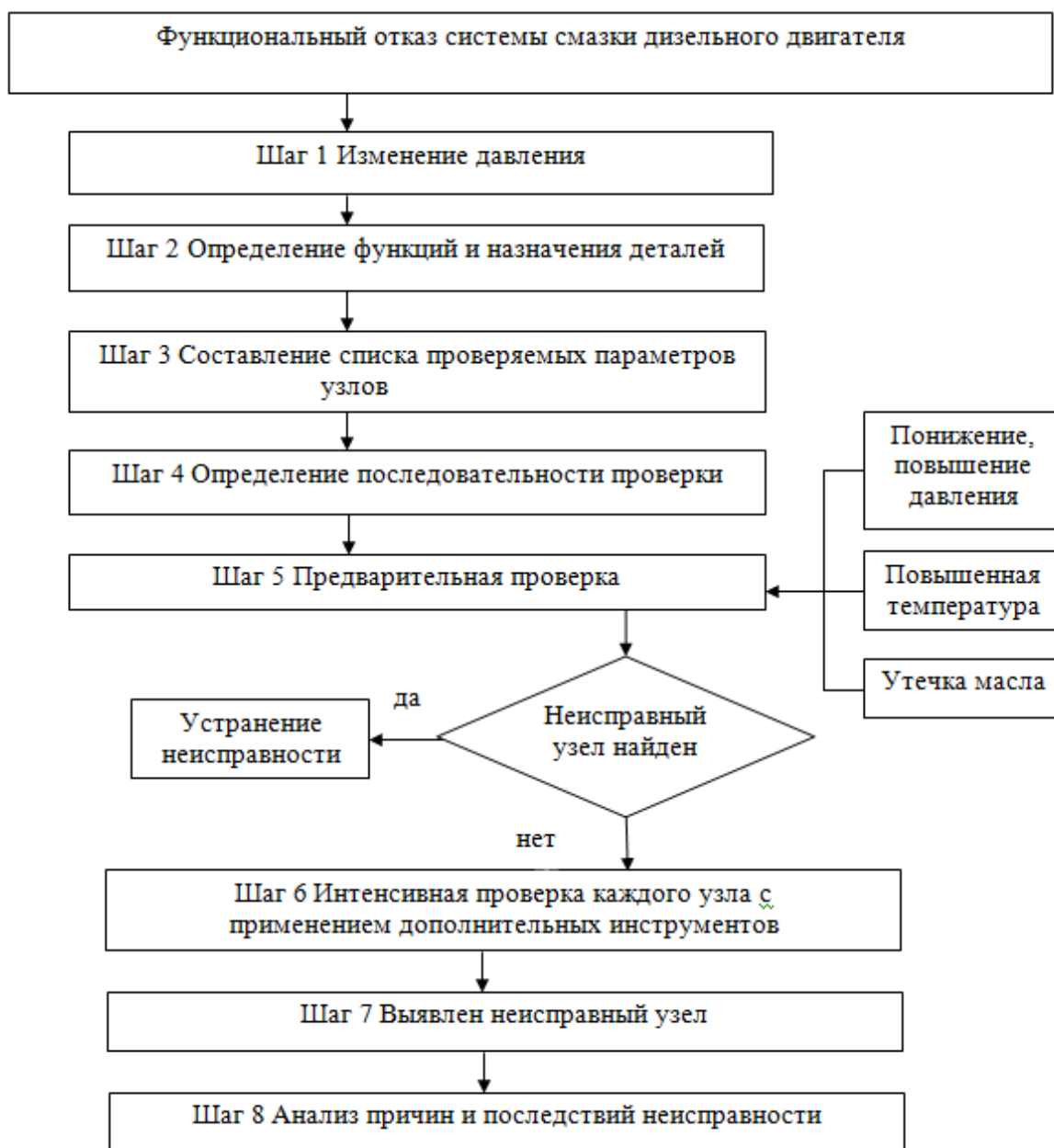


Рисунок 1 – Алгоритм поиска неисправностей

Таблица 1 – Взаимосвязь неисправностей двигателя и показателей качества моторного масла

Неисправность систем ДВС	Неисправность элементов (узлов и деталей) ДВС	Показатели качества масла
Неисправность системы очистки	Нарушена регулировка масляного насоса Фильтры масляной системы	Оптическая плотность, усл. ед. Вязкость, мм ² /с.
Нарушение герметичности систем	Нарушение герметичности системы смазки Нарушена герметичность системы охлаждения Нарушена вентиляция картера	Оптическая плотность, усл. ед. Щелочное число, мг КОН Вязкость, мм ² /с.

Данный алгоритм включает в себя неисправности системы смазки, причины их возникновения и способы устранения. Алгоритм позволяет по признакам определить систему, которая неисправна и далее узел, который неисправен.

Изначально построение алгоритма базируется на изучении конструктивных особенностей системы смазки, месторасположения элементов.

Алгоритм составляется на основе выбора анализируемой системы. Затем определения неисправности, параметров, оценивающих техническое состояние элемента, определении последовательности проверочных работ. И наконец выявление неисправного узла, причины и последствия нарушения работоспособности детали.

Шаги в алгоритме позволяют определить неисправность, выявить причины и последствия отказа. Если не получается выявить изначально какую-либо неисправность системы смазки возможен переход к шагу 6, выявление неисправности с использованием оборудования и инструментов. Использование последующих шагов позволяет контролировать работу системы смазки в процессе эксплуатации автомобиля.

Построение алгоритма производится поэтапно, на каждом этапе подробно рассматривается каждый элемент.

На основе данных полученных в результате построения алгоритма возможно определение периодичности и видов управляющих воздействий на систему смазки для повышения долговечности и работоспособности в процессе эксплуатации, позволяет снизить временные затраты на поиск отказов и неисправностей.

На примере неисправности системы смазки - пониженное давление масла построим алгоритм поиска и обнаружения данной неисправности в двигателе, указанный на рисунке 2. В алгоритме указаны параметры проверки системы смазки при обнаружении пониженного давления моторного масла и способы устранения возникающих неполадок.

Выводы. Для поиска неисправностей возможно использование теоретических методов построения алгоритмов, которые определяют возможные отказы и дефекты, а также их последствия и методы устранения этих неисправностей. Это позволяет оперативно восстанавливать технически исправное состояние системы смазки.

Разработан алгоритм поиска неисправностей в системе смазки. На основе данных полученных в результате построения алгоритма возможно определение периодичности и видов управляющих воздействий на систему смазки для повышения долговечности и работоспособности в процессе эксплуатации, позволяет снизить временные затраты на поиск отказов и неисправностей.

Использование алгоритма поиска неисправностей повышает надежность работы элементов системы смазки, снижая риски нарушения безопасности при возникающей неисправности.

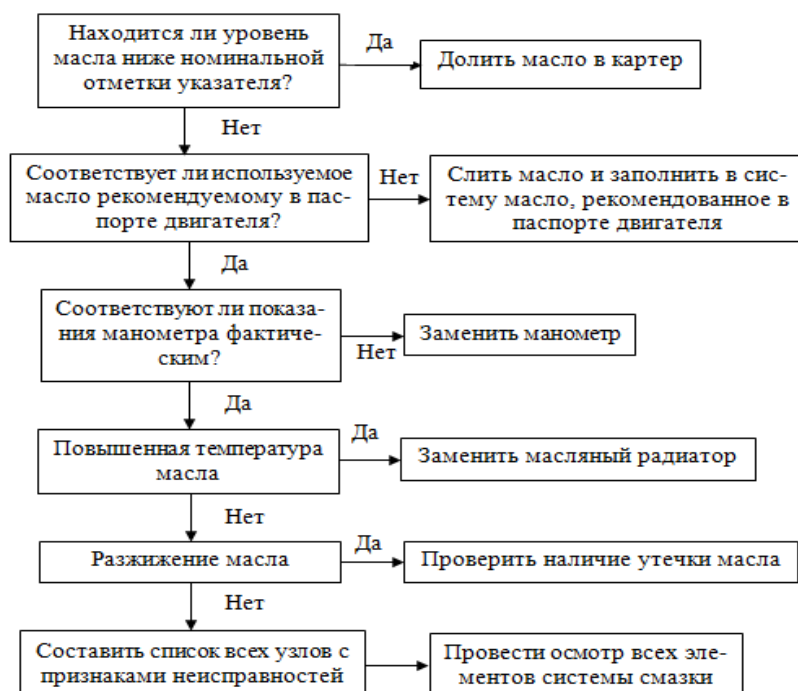


Рисунок 2 – Алгоритм проверки системы смазки при пониженном давлении масла

Библиографический список

1. ГОСТ Р 27.002-2009 Надежность в технике. Термины и определения. - М.: Стандартинформ, 2011;
2. Недоцуков К.Е. Повышение эффективности подготовки специалистов по эксплуатации двигателей автомобильной техники внедрением метода диагностических алгоритмов поиска неисправностей / В сборнике: Проблемы эксплуатации и обслуживания тракторно-технологических машин. Материалы международной научно-технической конференции. 2007. С. 27-31;
3. Третьяков А.И. Влияние внешних факторов на периодичность анализа моторного масла автомобиля / А.И. Третьяков, А.А. Аксенов, А.В. Голев // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. - 2015. - Т. 2, № 1. - С. 27-32;
4. Терещенко Е.С. Методические аспекты применения диагностических алгоритмов поиска неисправностей при обучении курсантов высших учебных заведений / Е.С. Терещенко, Д.Ю. Фадеев, Д.В. Шабалин // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2014. № 4 (38). С. 166-171;
5. Андреева Е.В. Разработка методики обнаружения неисправности двигателей с применением экспертных систем / Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал. 2007. № 2. С. 612;
6. Долгова, Л.А. Устройство автоматического контроля параметров работающего моторного масла в ДВС / Л.А. Долгова, В.В. Салмин, В.О. Петренко // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. - 2016. - Т. 3. № 3 (6). - С. 31-34;
7. Чмиль В.П. Улучшение эксплуатационных свойств системы смазки двигателя / В сборнике: Архитектура – строительство – транспорт. Материалы 71-й научной конференции профессоров, преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов университета. Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. 2015. С. 79-83.
8. Wang S.S.1, Lee H.-S. An electrochemical sensor for distinguishing two-stroke-engine oils S.S. // Sensors and actuators B. 1997. Vol. 40. Iss. 2-3. P. 199-203;
9. Семькина А.С. Анализ технической системы надёжности на примере масляного насоса / Семькина А.С., А.С. Федоров, Н.А. Загородний // Студенческий научный форум. – 2017. – URL: <http://www.scienceforum.ru>;
10. Тиен, Н.М. Альтернативный метод оценки технического состояния электронных систем управления двигателем (ЭСУД) легкового автомобиля / Научная перспектива. 2013. № 10. С. 117-119.

Тюляев А.С.

студент 2 курса магистратуры
Транспортно-энергетического
факультета, Тихоокеанский
Государственный университета, РФ

Рыжова А.С.

канд. эконом. наук, доцент кафедры
эксплуатации автомобильного
транспорта «Тихоокеанского
государственного университета», РФ

Tyulyaev A.S.

2'nd year student of the Master's Degree in
Transport and Energy Faculty , Pacific
National Universaty,
Russian Federation

Ryzhova A.S.

Ph.D. in economic sciences, assistant
professor of operation of road transport
department, Pacific National Universaty,
Russian Federation

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТНО-
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПРЕДПРИЯТИЯ ЗА СЧЕТ
МОДЕРНИЗАЦИИ РАБОТЫ СКЛАДСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

**THE EFFICIENCY IMPROVING OF MANUFACTURE'S TRANSPORT
AND TECHNOLOGICAL COMPLEX ON ACCOUNT OF MODERNIZATION OF
WORK OF WAREHOUSING ECONOMY**

Ключевые слова: складское хозяйство, модернизация, автоматизация.

Keywords: warehousing economy, modernization, automation.

В статье изложен пример повышения эффективности работы транспортно-технологического комплекса предприятия по ООО «Метизная компания» (Хабаровск) за счёт модернизации работы его складских мощностей.

The article shows an example of increasing the efficiency of the transport-technological complex of the enterprise in LLC "Metiznaya Kompaniya" (Khabarovsk) on account of the modernization of its warehouse capacities.

Сегодня задача повышения эффективности производственных процессов актуальна для любой компании и, чтобы получить максимальный эффект от своей деятельности, следует оптимизировать каждый её этап [1, стр. 124]. Для предприятий торговли (оптовой или розничной) большое значение имеет работа складского хозяйства и наличие складских помещений, в целом. Поэтому стоит выделить данный этап как один из важнейших на предприятии.

Перемещение материальных потоков в логистической цепи невозможно без концентрации в определенных местах необходимых запасов, для хранения которых предназначены соответствующие склады [2, стр. 112]. Движение через склад связано с затратами живого и овеществленного труда, что увеличивает стоимость товара. В связи с этим проблемы, связанные с функционированием складов, оказывают значительное влияние на рационализацию движения материальных потоков в логистической цепи, использование транспортных средств и издержек обращения [3, стр. 94].

Следовательно, что вся работа транспортно-технологического комплекса предприятия, связанного с оптовой и розничной торговлей, напрямую зависит от функциональности и мощности работы складского комплекса. Речь идёт обо всём: от размещения складских павильонов на территории предприятия, до ав-

томатизации документооборота [4, стр. 247].

Для более наглядного изучения этого вопроса было предложено предприятие оптовой и розничной торговли в городе Хабаровск – ООО «Метизная компания», основным вектором продаж которого являются метизы (металлические изделия) и крепежные элементы.

ООО «Метизная компания» предлагает на рынке всевозможные строительные материалы и доставку их от поставщиков к потребителю. Также осуществляется оптовая и розничная торговля вышеупомянутыми материалами и предоставление услуг листосгибательного станка, расфасовки, перекомплектации и доставки заказов.

На 31.01.16 количество товарных единиц на балансе склада составляло 4 244 905,475 единиц на сумму 5 569 466,55 рублей, а именно: крепежи, профнастилы, элементы кровли и фасада, строительные смеси, ГВЛ и ГКЛ, инструменты и прочие строительные товары. На балансе предприятия также числится автопарк, состоящий из 8 автомобилей: «Hino Ranger» (грузоподъемностью 5 тонн) и Isuzu Elf 3.5 Short (грузоподъемностью 1,5 тонны). Все автомобили используются для удовлетворения потребностей как, непосредственно, ООО «Метизная компания», так и других компаний, входящих вместе с рассматриваемой организацией в группу компаний «АРХСТРОЙ». Это означает, что автопарк практически не в состоянии удовлетворить потребности современного развивающегося предприятия, а руководством было принято решение использовать для работы сотрудничество со сторонними транспортными организациями.

Предприятие располагается в городе Хабаровск, улица Машинистов, 16, а план предприятия представлен на рисунке 1.

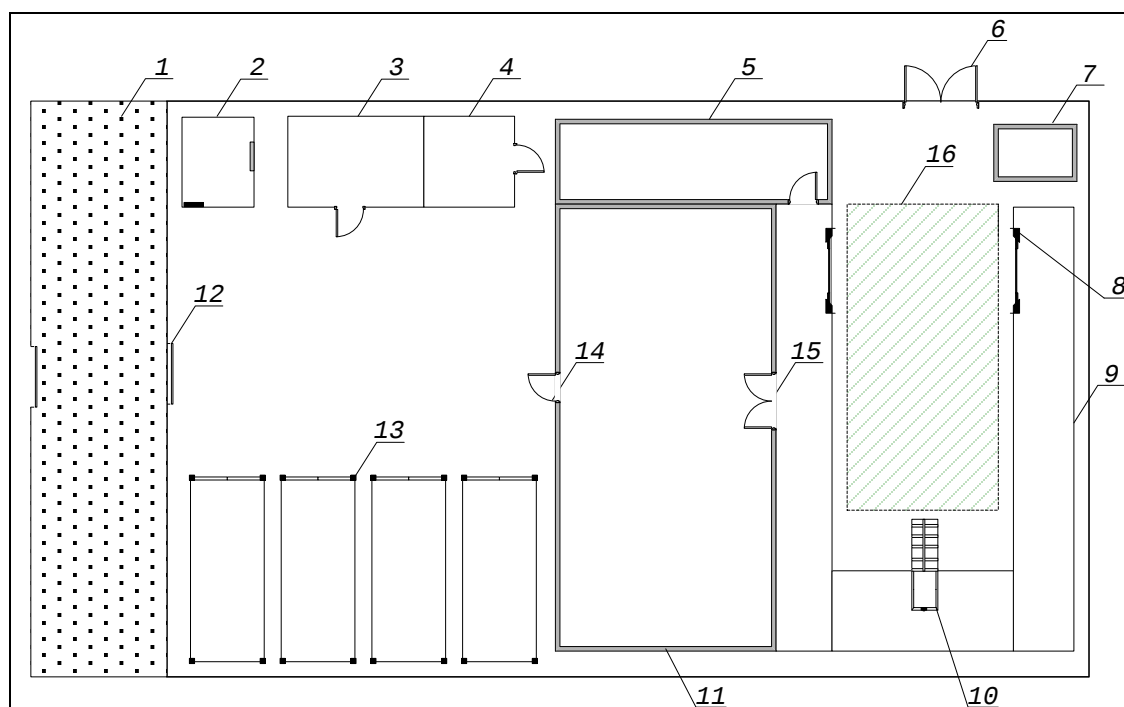


Рисунок 1 – План предприятия ООО «Метизная компания»:

1 – стоянка для автомобильного транспорта; 2 – пункт охраны; 3 – торговый зал; 4 – административный корпус; 5 – листосгибательный цех и склад готовой продукции; 6 – ворота для заезда большегрузного и длинномерного транспорта; 7 – цех фасовки; 8 – пункт разгрузки транспорта; 9 – погрузо-разгрузочная площадка и открытый склад под навесом; 10 – пандус;

11 – склад закрытого типа; 12 – въезд на предприятие для клиентов; 13 – контейнеры; 14 – вход для рабочего персонала; 15 – вход/въезд на территорию основного склада; 16 – место погрузочно-разгрузочных операций и стоянки под погрузо-разгрузочные операции.

Как мы видим, предприятие условно делится на две части: производственную и рабочую. Под производственной мы понимаем все здания и сооружения, которые используются в работе с товаром, реализуемым на предприятии (склады, цеха, административные сооружения и прочие), под рабочей – зоны, непосредственно задействованные в работе с клиентами (торговый зал, пункты погрузо-разгрузочных операций, выдача товара) [5, стр. 164].

На предприятии отсутствуют сооружения технического обслуживания и ремонта подвижного состава и погрузо-разгрузочного оборудования. Автомобили находятся на стоянке на территории других «дочерних» компании ООО «АРХСТРОЙ» (в состав которой вход ООО «Метизная компания»), иногда оставляются на общей стоянке перед главным заездом на территорию предприятия.

На ООО «Метизная компания» представлены закрытые и полужакрытые типы складов. Основную площадь территории занимает крытый склад для хранения основных товарных единиц. Крытый склад оборудован пандусом для проезда автоматизированного погрузчика, стеллажами для хранения транспортных единиц, путями проезда автопогрузчика и местом для хранения изделий на универсальных евро-поддонах. Выезда из склада нет, поэтому перемещение товара по территории осуществляется ручным способом, либо в объезд (вокруг территории предприятия).

Полужакрытые склады представляют собой погрузо-разгрузочную площадку под навесом, на которой осуществляются операции по погрузке и разгрузке автотранспорта, а также хранение товара, не нуждающегося в особых условиях, и ожидание товара к погрузке. Площадка оборудована пандусом для перемещения по ней автоматизированного погрузчика.

Для хранения продукции также используются 20-тифутовые контейнеры, размещенные по территории предприятия. В них также расположен товар, не нуждающийся в особых условиях хранения.

Пункт погрузки и разгрузки позволяет обслуживать фургоны и длинномерный транспорт. Основной упор в работе на этом пункте делается на ручной способ перемещения груза.

В производственной структуре отсутствуют отдел логистики и диспетчеризации (в силу отсутствия надобности в них). Приход и хранение товара контролирует начальник цеха фасовки, связь с отделом продаж поддерживается за счет телефонной связи и программного обеспечения специализированных пакетов 1С.

Перемещение материальных потоков в логистической цепи невозможно без концентрации в определенных местах необходимых запасов, для хранения которых предназначены соответствующие склады. Движение через склад связано с затратами живого и овеществленного труда, что увеличивает стоимость товара. В связи с этим проблемы, связанные с функционированием складов, оказывают значительное влияние на рационализацию движения материальных потоков в логистической цепи, использование транспортных средств и издержек

обращения [6, стр. 102]. Тем самым, проблема накладывается и на весь транспортно-технологический комплекс предприятия.

Склад должен рассматриваться не изолированно, а как интегрированная составная часть логистической цепи. Только такой подход позволит обеспечить успешное выполнение основных функций склада и достижение высокого уровня рентабельности. При этом необходимо иметь в виду, что в каждом отдельно взятом случае, для конкретного склада, параметры складской системы значительно отличаются друг от друга, так же как ее элементы и сама структура, основанная на взаимосвязи этих элементов [7, стр. 33].

Основной задачей модернизации работы складского хозяйства есть уменьшение затрат на обслуживание, содержание и работу складского комплекса. Получение максимальной эффективности от взаимодействия всех элементов хозяйства и получения качественного результата работы всего комплекса [8, стр. 119].

Необходимо рассчитать и спрогнозировать итоги будущей модернизации и грамотно распределить область внедрения изменений. Каждый из этапов требует (или не требует) изменений в работе, важно определить степень необходимости внесения этих изменений на данный этап работы предприятия – определить актуальность модернизации на том или ином участке складского хозяйства [9, стр. 201].

Для примера рассмотрим распределение по территории предприятия основных транспортно-технологических структур на примере рисунка 1. По рисунку можно сделать вывод, что все мощности использованы иррационально. К примеру, складские помещения предприятия расходуются в общей сложности только примерно на 42-45%: контейнеры (13), размещённые на территории предприятия занимают 1/8 прилегающей непроизводственной территории предприятия, в то время как специально оборудованные складские площади (11) заняты на 35-40% (по данным предоставленным с предприятия).

То есть, получив заявку, содержащей товарные позиции с разных складов (11 и 13, соответственно), погрузчики или грузчики будет вынуждены осуществлять погрузку с двух локаций, никак несвязанных друг с другом ни автоматизационными средствами, ни удобными для перемещения пандусами и дорогами. Предприятию приходится обслуживать два погрузо-разгрузочных пункта, работающих не в полную меру.

Следовательно, для устранения только этой проблемы целесообразно провести модернизацию складского комплекса предприятия. К примеру, нейтрализовать неудобства, связанные с неправильным размещением складских помещений и погрузо-разгрузочных пунктов.

Разумеется, вносить изменения необходимо последовательно и учитывать все недочеты в организации работы складского комплекса: от настройки автоматизации документооборота до удобства размещения всех элементов склада.

Была разработана инновационная схема предприятия и предложен план по модернизации всего предприятия в целом. Пример размещения всех объектов предприятия после проведения модернизации представлен на рисунке 2.

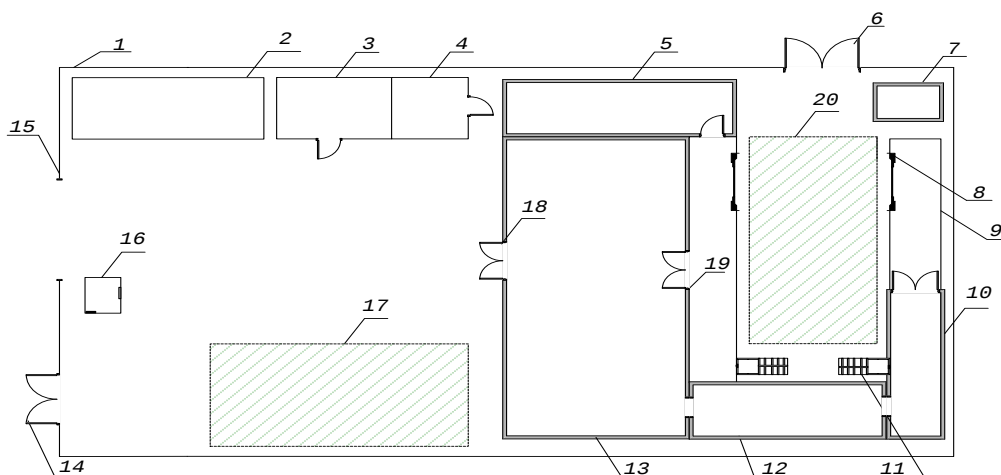


Рисунок 2 – Финальный план ООО «Метизная компания» после внедрения мероприятий по модернизации

1 – территория предприятия, стоянка; 2 – стояночный бокс; 3 – торговый зал; 4 – административный корпус; 5 – цех изготовления доборных элементов; 6 – ворота для заезда большегрузного транспорта; 7 – цех фасовки; 8 – пункт разгрузки транспорта; 9 – погрузо-разгрузочная площадка; 10 – склад полузакрытого типа со складскими стеллажами; 11 – пандус; 12 – склад полузакрытого типа; 13 – основной склад закрытого типа; 14 – въезд для длинномерных транспортных средств; 15 – вход/въезд на предприятие; 16 – пункт охраны; 17 – погрузо-разгрузочная зона для большегрузных транспортных средств; 18,19 – двухстворчатые ворота для въезда/выезда на склад; 20 – погрузо-разгрузочная зона.

Очередность этапов модернизации может быть изменена в пользу управленческого решения и при появлении трудностей в ходе реализации одного из них. Порядок модернизации также может быть откорректирован руководящим звеном в соответствии с готовностью предприятия к её реализации. [10, стр. 138] Важно отметить, что модернизация проходит после увеличения объемов реализуемой продукции, то есть по надобности.

Библиографический список

1. Transport Logistics Alan C. McKinnon, Kenneth John Button, Peter Nijkamp – Indiana: E. Elgar, 2002 – 680 с.
2. Бурцев В. В. Организация системы внутреннего контроля коммерческой организации. М.: Экзамен, 2000. – 256 с.
3. Никифоров, В.В. Логистика. Транспорт и склад в цепи поставок: учебно-практическое пособие / В.В. Никифоров. – Москва: Книжный мир, 2008. – 183 с.
4. Гаджинский А.М. Логистика: учебник для высших и средних специальных заведений / А.М. Гаджинский. - Москва: издательско-торговая корпорация «Дашков и Ко».- 2005. - 432с.
5. Аникин Б.А. Логистика: 3-е изд., перераб. и доп.// — Москва: Инфра-М, 2002. — 368 с.
6. Ельдештейн Ю.М. Логистика: учебно-методический комплекс. / Ю. М. Ельдештейн. – Красноярск. : Гротеск, 2006. – 174с.
7. Родников, А. Н. Логистика склада. / А.Н Родников – М. : ИНФРА-М, 2000. – 65с.
8. Манжосов, Г.П. Современный склад: организация и технология. / Г. П. Манжосов . – М. : КИА Центр, 2003. – 220с.
9. Козловский В. А. Логистический менеджмент: Учебное пособие. 20-е изд., доп. / В. А. Козловский – СПб. : Издательство «Лань», 2002. - 323 с.
10. Бурцев, В. В. Организация системы внутреннего контроля коммерческой организации. / В. В. Бурцев. – М. : Экзамен, 2000. – 224 с.

© Тюляев А.С., Рыжова А.С., 2018

Францев С. А.

магист, 2 курс

Тихоокеанского государственного
университета, РФ

Francev S.A.,

master 2 course,

Pacific National University,
Khabarovsk,
Russian Federation

Рыжова А.С.

канд. экон. наук, доцент кафедры

эксплуатация автомобильного транспорта

Тихоокеанского государственного
университета, РФ

Ryzhova A.S.

Ph.D., assistant professor of
transport maintenance

Pacific National University,
Khabarovsk,
Russian Federation

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НА АВТОТРАНСПОРТЕ

APPLICATION OF METHODS OF STATISTICAL MODELING ON MOTOR TRANSPORT

Ключевые слова: применение методов статистического моделирования, основные виды моделей, использования моделирования на автотранспорте, моделирования с использованием ЭВМ

Key words: application of statistical modeling methods, main types of models, use of modeling on motor transport, computer simulation

В статье представлено применение методов статистического моделирования на автотранспорте. Изучены основные виды моделирование и возможность их применение на практике. Выявлены преимущества методов статистического моделирования. Рекомендуется применение методов на автотранспорте страны.

The article presents the application of methods of statistical modeling on motor transport. The main types of modeling and the possibility of their application in practice were studied. The advantages of statistical modeling methods are revealed. It is recommended to apply methods on the country's road transport.

Рациональная организация работы автотранспорта России и всего что с ней связано, является одним из важнейших, факторов который влияет на экономическое развитие страны и темпы его роста. Однако не всегда можно применить аналитические методы для решения возникающих задач. При решении конкретных задач в различных приложениях (выбор конструктивных параметров автомобиля, обоснование рациональной организации перевозочного процесса или ремонтного производства) аналитическое решение задачи ввиду значительных математических трудностей практически невозможно, а проведение экспериментальных исследований и натуральных испытаний требует больших затрат времени, средств и прочих факторов. В связи с этим в исследованиях необходимо применять методы моделирования изучаемых сложных систем, явлений или объектов.

Сложной системой может быть конструкция автомобиля, системы регулирования и управления работой двигателя, организации технического обслуживания автомобилей и многое другое.

Наиболее широко распространены следующие модели:

- функциональные - описывающие функции, выполняемые основными составными частями системы и разрабатываемые в виде технологических схем или уравнений для общего представления о процессе и результате его функционирования;
- экономические - определяющие зависимость исследуемого показателя (максимальная прибыль, минимум затрат) от экономических факторов и представляемые в виде уравнений, удобных для манипулирования;
- информационные - определяющие содержание, формат и скорость (частоту) потока информации.

Информационные модели охватывают также контроль и проверку информации, учет и отчетность по ней, получение разрешений на предоставление некоторых видов информации, меры предосторожности против потерь информации в аварийных случаях и порядок работы по ее восстановлению. Для составления моделей используют словесные и математические описания, чертежи, кривые, таблицы и номограммы, логические блок-схемы с указанием порядка действий при возникновении той или иной ситуации.

Различают два основных вида моделей.

Детерминированная модель - это аналитическое представление закономерности системы, при котором данного множества входных значений получают на выходе только один результат. Например, скорость движения автомобиля на участке продольного профиля автодороги можно определить, решив дифференциальное уравнение, движения автомобиля, т. е. детерминированной моделью является дифференциальное уравнение, а в качестве входных значений приняты параметры, входящие в него (конкретные значения геометрических элементов продольного профиля и конструктивных параметров автомобиля). Единственным результатом решения этого уравнения является скорость.

Недетерминированной (вероятностной), или стохастической, является такая модель, в которой функционирование отдельных ее элементов или входные значения зависят от случайных параметров, т. е. описываются законами распределения случайных величин [4, с 422]. Результат функционирования такой модели можно предсказать только в вероятностном смысле, т. е. он является средним значением (математическим ожиданием) или законом распределения. Если для моделирования движения автомобиля в качестве исходных данных использовать законы распределения уклонов и длин (геометрических элементов продольного профиля достаточно большого участка дороги), то определение средней скорости движения автомобиля для этого участка дороги будет описываться стохастической моделью [3, с. 92]. Таким образом, методы построения и апробации различных моделей представляют основу моделирования. С помощью моделирования можно получить ответы на

вопросы, возникающие на этапе предварительного проектирования, разработки, испытаний системы, а также в процессе ее эксплуатации. Когда модель достаточно достоверно представляет данную систему с точки зрения решаемых ею задач и получаемых результатов, моделирование — недорогой, эффективный и оперативный метод анализа системы и оценки ее функционирования.

Техническое моделирование используется при выборе конструкций автомобилей, позволяет обнаружить недостатки существующих или проектируемых систем и изыскать пути их устранения. Этот вид моделирования применяется при создании вновь конструируемых видов двигателей подвижных средств, что позволяет в процессе проектирования совершенствовать новые, еще не апробированные на практике конструкции [6, с. 18]. В техническом исполнении оно представляет, как правило, упрощенную конструкцию модели, уменьшенную в несколько раз, а в качестве математического аппарата используется теория подобия, позволяющая обнаруженные у одного объекта признаки переносить на другой, т.е. условия правомерности умозаключений по аналогии [5, с. 79]. Техническое моделирование, в виду сложности конструктивного исполнения моделей и реальных условий работы, значительно уступает математическому, которое более гибкое, эффективное и перспективное.

От всех моделей математические отличаются тем, что средством описания моделей и изучения их поведения является формально-логический аппарат математики. Отсюда важнейшее преимущество - возможность количественного анализа моделей с помощью современных математических методов. Важным преимуществом математических моделей является универсальность языка математики, возможность использования одних и тех же моделей для исследования различных систем [9, с. 154].

При помощи математических моделей можно получать результаты, относящиеся не к отдельной конкретной реализации, которая соответствует определенным начальным данным и фиксированным значениям параметров исследуемой системы, а к множеству возможных поведений, системы. Таким образом, в настоящее время можно создавать математические имитационные или моделирующие системы, использующие ЭВМ. Моделирование на ЭВМ - разновидность математического моделирования, которое обладает рядом преимуществ перед другими методами исследований (универсальность, гибкость, экономичность) и позволяет в значительной мере решить одну из основных проблем современной науки — проблему сложности [2 с. 217].

Метод моделирования с использованием ЭВМ имеет следующие основные преимущества.

1. С помощью моделирования на этапах замысла и предварительного проектирования системы можно заранее определить успешность функционирования системы, что исключает ненужные затраты людских и материальных ресурсов на построение нерациональных систем. Ответы на многие вопросы функционирования системы можно дать без применения дорогостоящего метода создания реальной системы и ее апробации.

2. Моделирование позволяет исследовать особенности функционирования системы в любых возможных условиях. При этом параметры системы и окружающей среды можно варьировать для получения любой обстановки, в том числе и нереализуемой в натурных экспериментах, что позволяет уменьшить потребность в сложном лабораторном оборудовании и в эксплуатационных испытаниях системы.

3. Применение ЭВМ для моделирования зачастую единственный реализуемый способ решения задач, которые нельзя выполнить с помощью лабораторных, натурных экспериментов или аналитических методов. Продолжительность испытаний системы сокращается до минут, а в реальных условиях нужно несколько дней или месяцев.

4. С помощью метода моделирования необходимую, отражающую реальные условия, информацию можно быстро и в нужных количествах получить искусственным путем с учетом вероятностной природы ее элементов, используя метод Монте-Карло.

5. Модель, построенная с помощью метода Монте-Карло и ЭВМ, чрезвычайно гибка и позволяет воспроизводить любые реальные и гипотетические ситуации, а также учитывать всевозможные ограничения, что делает ее достаточно универсальной [7, с. 38].

Если одной из основных задач математической статистики является получение по статистическим данным закона распределения случайной величины, то решение обратной задачи воспроизведения любого количества случайных величин на ЭВМ, соответствующих заданному закону, представляет основу метода Монте-Карло. Таким образом, для практического использования метода Монте-Карло необходимо получить на ЭВМ достаточно длинные последовательности случайных чисел с заданным законом распределения. Известны три основных принципа получения случайных чисел: использование таблиц случайных чисел; применение специального метода Неймана; использование аналитических методов, основанных на функциональных соотношениях [8, с. 63].

В практике широко распространены таблицы равномерно распределенных случайных чисел. Самая большая из опубликованных таблиц случайных чисел содержит 1 миллион цифр; она составлена с помощью специально сконструированной рулетки с использованием электроники. Другие принципы формирования на ЭВМ случайных чисел основаны на получении равномерно распределенных в интервале $(0,1)$ случайных чисел, которые вырабатываются на ЭВМ программным способом [11, с. 46].

Моделирование с помощью ЭВМ является мощным средством исследования, однако множество задач можно решить более эффективно - с помощью методов теории массового обслуживания. Правильное его применение возможно лишь при четком понимании сущности этого метода и условий его использования.

Основные критерии применения метода моделирования с использованием ЭВМ следующие:

- неприемлемость аналитических методов решения задачи;

- полная универсальность в успешном создании модели, достаточно хорошо реализующей особенности функционирования исследуемой системы;
- большой объем вычислений, который требует применение ЭВМ, поскольку выполнить его вручную невозможно;
- непригодность других методов решения;
- возможность использование процесса построения модели для исследования моделируемой системы и ее поведения.

Примерами использования моделирования на автотранспорте могут быть:

- изучение и анализ транспортных задач;
- выбор наиболее целесообразных маршрутов;
- анализ и оценка систем управления транспортом;
- анализ транспортных потребностей;
- выбор конструктивных параметров автомобиля и др.

Моделирование осуществляется в три этапа.

Первый этап заключается в изучении комплексности проблемы и включает:

- выделение задачи, решение которой целесообразно с исследованием методами математического моделирования;
- формулировку вопросов, на которые должен быть дан ответ после моделирования;
- выбор единицы длины временного интервала моделирования для проявления всех характерных черт данного явления;
- формулировка ограничений на рассматриваемую систему с определением количества параметров, включаемых в модель;
- построение легко обозримого изображения структуры моделируемой системы.

Первый этап позволяет четко представить понимание поставленной задачи, выявить пробелы в наших знаниях о системе и выдвинуть те или иные гипотезы. Второй этап заключается в формализации и представлении в виде математических соотношений между параметрами, описывающими поведение системы. На третьем этапе апробируют модель и анализируют результаты.

Наибольший практический интерес представляют функциональные стохастические модели, которые будут рассмотрены применительно к моделированию движения автомобиля в различных дорожных условиях. Суть статистического моделирования состоит в построении алгоритма, имитирующего поведение элементов обслуживающей системы. Поведение элементов системы моделируется с учетом влияния случайных факторов, воздействующих на систему. Моделирование случайных процессов и событий (метод Монте-Карло) известен с 1944 г.; его начали использовать в связи с работами по созданию атомного реактора; широкое распространение он получил с появлением быстродействующих ЭВМ [10, с. 83]. Однако в транспорте сфере нашей страны этот метод не практикуется.

С помощью этого метода можно моделировать моменты прибытия автотранспорта на пункты погрузки (разгрузки), загруженность постов

погрузочно-разгрузочного пункта, определять длину очереди и время ожидания погрузки (разгрузки) и другие элементы транспортного процесса. Метод эффективен при моделировании работы пунктов передачи грузов между видами транспорта и с магистрального транспорта на транспорт подвоза-развоза (порт, грузовая железнодорожная станция, грузовая автостанция и другие объекты).

Перегруженность является серьезной проблемой в отношении дорожного режима, особенно вокруг мегаполисов, что отрицательно снижает доступность из-за увеличения транспортных расходов. Перегруженность также является динамическим явлением, так как его негативные эффекты варьируются в зависимости от дня, сезона и пространства [1 с, 1]. На сегодняшний день повышение эффективности транспорта является актуальным вопросом, так как транспорт – это ключевое звено экономики, ведь достижение его финансовой устойчивости в стране послужит основой повышения эффективности промышленного производства в целом. В заключении можно отметить, что одним из эффективных способов решения поставленной задачи как раз является применение методов статистического моделирования. Различными авторами были исследованы многие аспекты, связанные с данным методом, однако до сих пор комплексного исследования и обширного применения данного метода на практике не проводилось.

Библиографический список

1. Ana Condeço-Melhorado, Topical collection on accessibility and policy making, [Электронный ресурс]/ Ana Condeço-Melhorado, Karst T. Geurs //European Transport Research Review. - 2017.- № 9 (33) – Режим доступа: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12544-017-0249-5>
2. Справочник по вероятностным расчетам [Текст]: учеб. пособие/ Г.Г. Абезгауз, [и др.]. - Москва, 1970. – 536 с.
3. Афанасьев Л. Л. Единая транспортная система и автомобильные перевозки [Текст]: учеб. пособие/ Л.Л. Афанасьев, Н.Б. Островский, С.М. Цукерберг. - Москва, 1984. – 333 с.
4. Бронштейн И. Н. Справочник по математике [Текст]: учеб. пособие/ И. Н. Бронштейн, К. А. Семендяев. - Москва, 1964. – 608 с.
5. Бусленко Н. П. Моделирование сложных систем [Текст]: учеб. пособие/ Н. П. Бусленко. - Москва, 1968. – 356 с.
6. Великанов Д. П. Эффективность автомобиля [Текст]: учеб. пособие/ Д. П. Великанов. - Москва, 1969. – 240 с.
7. Галушко В. Г. Вероятностно-статистические методы на автотранспорте [Текст]: учеб. пособие/ В. Г. Галушко. - Киев, 1976. - 232 с.
8. Голенко Д. И. Моделирование и статистический анализ псевдослучайных чисел на ЭВМ [Текст]: учеб. пособие/ Д. И. Голенко. - Москва, 1965. – 228 с,
9. Гурский Е. И. Теория вероятностей с элементами математической статистики [Текст]: учеб. пособие/ Е. И. Гурский. - Москва, 1971. – 328 с.
10. Мартин Ф. Моделирование на вычислительных машинах [Текст]: учеб. пособие/ Ф. Мартин. - Москва, 1972. – 288 с.
11. Миллс Ф. Статистические методы. [Текст]: учеб. пособие/ Ф. Миллс. - Москва, 1958. – 800 с.

©Францев С.А., Рыжова А.С., 2017