

104–ОЙ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ НА ТЕМУ

«ОПЫТ СОЗДАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА В УСЛОВИЯХ  
ЖАРКОГО КЛИМАТА»

19-20 сентября 2018 года

Место проведения: Туринский политехнический университет в г.Ташкенте,  
100095, г.Ташкент, Кичик халка йули 17, Узбекистан

РАБОЧАЯ ГРУППА:

Умурзаков Ш.Б. Председатель правления АО «Узавтосаноат»	Руководитель группы Тел.: (371) 140-76-50 E-mail: info@uzavtosanoat.uz
Загарин Д.А. Президент Ассоциации Автомобильных Инженеров	Заместитель руководителя группы
Саттаров Д.Н. Генеральный директор Агентства «Узстандарт»	Заместитель руководителя группы Тел.: (371) 202-00-11 E-mail: uzst@standart.uz
Гаронин Д.Л. Исполнительный директор «ААИ»	Заместитель руководителя группы Тел.:89154333304 E-mail:DmitryLG@bk.ru
Салимов У.З. Заместитель председателя правления по развитию и маркетингу АО «Узавтосаноат»	Заместитель руководителя группы Тел.:(371)140-76-50 E-mail:USalimov@uzavtosanoat.uz
Шарипов К.А. Ректор Туринского политехнического университета в г. Ташкенте	Заместитель руководителя группы Тел.: (371) 246-50-82 E-mail: k.sharipov@polito.uz
Рискулов А.А. Ректор Ташкентского института по проектированию, строительству и эксплуатации автомобильных дорог	Член группы Тел.: (371) 231-14-39 E-mail: devonxona@tayi.uz
Алимов Ш.Ш. Начальник управления реализации инвестиционных проектов и локализации	Член группы Тел.: (371) 140-76-62 E-mail: ShAlimov@uzavtosanoat.uz
Караев Ф.Ж. Начальник отдела технологии и стандартизации	Член группы Тел.: (371) 140-76-62 E-mail: F.Karaev@uzavtosanoat.uz
Мухитдинов А.А. Зав.каф. Транспортные средства, Ташкентского института по проектированию, строительству и эксплуатации автомобильных дорог	Член группы Тел.: +998712321439

**СОСТАВ ОРГКОМИТЕТА:**

Умурзаков Ш.Б. председатель	Председатель правления АО «Узавтосаноат»
Загарин Д.А. заместитель председателя	Президент Ассоциации Автомобильных Инженеров
Саттаров Д.Н. заместитель председателя	Генеральный директор Агентства «Узстандарт»
Салимов У.З. заместитель председателя	Заместитель председателя правления по развитию и маркетингу АО «Узавтосаноат»
Шарипов К.А. заместитель председателя	Ректор Туринского политехнического университета в г. Ташкенте
Гаронин Д.Л. заместитель председателя	Исполнительный директор ААИ
Дрозд А.С.	Зам. Главного инженера по новой технике, стандартизации, метрологии, сертификации РУП МЗКТ
Иванов А.М.	д.т.н., профессор, зав. кафедрой МАДИ (ГТУ)
Ким И.В.	к.т.н., президент ООО «Издательский дом ААИ-пресс»
Коровкин И.А.	к.э.н., исполнительный директор Объединения автопроизводителей России, вице-президент ААИ
Котляренко В.И.	д.т.н., начальник отдела технической политики Департамента государственной политики в области автомобильного и городского пассажирского транспорта Министерства транспорта Российской Федерации
Поддубко С.Н.	к.т.н., генеральный директор ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси»
Четвериков В.Л.	Генеральный директор ООО «Объединённый инженерный центр», группа ГАЗ, вице-президент ААИ
Байджанов М.И.	Нач. Учебного и Научного отдела., Туринский политехнический университет в г. Ташкенте
Рустамов А.С.	Ст. преподаватель, Туринский политехнический университет в г. Ташкенте
Холбоев Б.М.	Доцент каф. Мех. и авиа инж., Туринский политехнический университет в г. Ташкенте

## СОДЕРЖАНИЕ

### ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

Чудиновских Алексей Леонидович, Особенности поведения моторных масел при эксплуатации автомобильной техники в условиях жаркого климата.....	6
Заватский Александр Михайлович, Адаптация алгоритма управления межосевой муфты для условий жаркого климата.....	6
Гончаров Андрей Владимирович, Совершенствование охлаждающего устройства двигателя автомобиля для эксплуатации в условиях жаркого климата.....	9
Шадиметов Ю.Ш., Социально-экологические проблемы эксплуатации автомобилей в условиях жаркого климата.....	13
Ростовцев Вадим Олегович, Сажа в маслах дизельных двигателях.....	16
Е.В. Голованова, Д.И. Москаленко, Возможность использования синтетических масел в качестве компонента дисперсионной среды силикагелевых смазок.....	21
М.М. Фролов, А.Ю. Килякова, Влияние наполнителей на трибологические свойства полимочевинных смазок.....	22
Савин Леонид Олегович, Применение гибких стратегий технического обслуживания автомобильной техники в особых условиях ее эксплуатации.....	23

### Секция 1 «ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ»

Астанакулов К.Д., Транспортировка сельскохозяйственных грузов и анализ пиковых периодов.....	26
Астанакулов К.Д., Особенности применения грузовых автомобилей нового поколения при транспортировке зерна в сельском хозяйстве Узбекистана.....	27
Базаров Б.И., д.т.н., Васидов А.Х., Перевод и эксплуатация дизельных автотракторных средств на сжатом природном газе.....	30
Azizbek Zokirjonov Zokirjon o'g'li, Automobile safety is the study and practice of design, construction, equipment and regulation to minimize the occurrence and consequences of traffic collisions.....	34
С.Кадыров, О.Кодирова, Особенности эксплуатации автодорожной техники в условиях сухого и жаркого климата.....	35
С.М.Кадиров, О.Г.Эргашев, Особенности изнашивания элементов дизельных двигателей.....	39
Касымходжаев Б.К., Мухитдинов А.А., Халмухамедов А.С., Исследование дорожных условий эксплуатации автотранспортных средств Республики Узбекистан.....	42
Г.Х.Турсунова, Внедрение интеллектуальных транспортных систем - важнейшее направление повышения эффективности транспортного сектора.....	48
Хожиев Алиакбар Абдуманнопович, Муртазаев Гулноза Рахмат кизи, Техника безопасности при эксплуатации дорожно-строительных машин.....	50
Файзуллаев Э.З. Экспериментальное и расчетное исследование режимов движения автопоезда в горных условиях.....	53
Ш.И.Эрбеков, Техническое регулирование на автомобильном транспорте в Республике Узбекистан.....	55
Мухитдинов А.А., Абдураззоков У.А., Методика оценки энергетической эффективности автотранспортных средств .....	57
Мухитдинов А.А., Абдураззоков У.А., Повышение эффективности эксплуатации автотранспортных средств .....	60
Ким Александр Леонтьевич, Контрольные климатические испытания транспортных средств при оценке приспособленности к природно-климатическим условиям Республики Узбекистан.....	62

Мухитдинов А.А., Зияев К., Выбор легкового автомобиля для городских условий эксплуатации.....	67
Ж.Р.Кульмухамедов, Р.С.Хикматов, А.Р.Саидумаров, Анализ соответствия технических параметров автотранспортных средств к условиям эксплуатации в пустынно-песчаной местности.....	69
Е.В. Khaltursunov, Optimization placement of some networks service objects of private vehicles.....	72
Ярашова В.К., Обеспечение комфортабельности поездок на пассажирском транспорте.....	75

## Секция 2 «ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В УСЛОВИЯХ СУХОГО И ЖАРКОГО КЛИМАТА РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН»

Ш.П.Алимухамедов д.т.н., Об одном методе демпфирования динамических нагрузок в трансмиссии колесных машин в условиях эксплуатации .....	78
Астанакулов К.Д., О.Ш.Очилдиев, Влияние полевых условий на движение комбайнов при уборке масличных культур.....	80
Ахмаджанов Р.Н., Сидиков Ф.Ш., Усманов И.И., Использование спиртов в качестве добавки к автомобильным бензинам.....	82
И.А.Аширбеков, докторант Х.Д.Ирисов, Распылитель с перфорированным турбулизатором для вентиляторных опрыскивателей.....	87
Д.М. Бердиев, Повышение работоспособности деталей автомобильного машиностроения методом термической обработки.....	89
С.М.Кадиров, О.С.Кодирова, Узбекский легковой автомобиль "SANO".....	93
Карпов Алексей Борисович, Мещерин Игорь Викторович, Опрокидывание СПГ при эксплуатации автотранспорта на газомоторном топливе.....	98
Sharipov K.A, Malikov A.K. Influence of amount of Hydrogen content in HCNG mixtures in light-duty Spark ignition engine emission characteristics.....	99
Sharipov K. A, Malikov A. K. Piston rings analysis method by means of co-simulation between computational fluid dynamics and finite element analysis software's.....	111
Sanjar Mirzaliev, Modeling and simulation of a hydraulic load sensing proportional valve PVG32.....	119
Хикматов Ш.И., Пути увеличения срока службы мобильных машин.....	129
Шарифходжаева Х.А., Юлдашева Г.Б., Кинетические закономерности формирования противоизносных разделительных слоев в металлополимерных трибосистемах.....	132
Ш. Имомов, доц.А. Комилов, И.Маърупов, Д. Туранкулова, Демпфирующие свойства системы подрессоривания усовершенствованного трактора.....	135
К.А. Шарипов, Б.А.Каюмов, Ю.Б.Абдуллажонова, Метод внесения изменений в конструкцию с учетом климатических особенностей исходя из результатов испытаний автомобилей.....	136
Пулатов Т.Р., Хакимов Р. Усовершенствование городских автобусов с установкой гидрорекуперационной системы.....	141

## Секция 3 «ДИАГНОСТИКА И КОНТРОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ, РАБОТОСПОСОБНОСТИ УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В ПЕРИОД ЭКСПЛУАТАЦИИ В УСЛОВИЯХ СУХОГО И ЖАРКОГО КЛИМАТА»

Астанакулов К.Д., Б.А.Хатамов, Исследование скорости движения кукурузоуборочной машины при уборке кукурузы на зерно.....	143
--	-----

Аширбеков И.А., Хакимов Б.Б., Анализ физических основа процесса абсорбций и совершенствование системы подачи дизбиоэтаноловых топливных смесей в ДВС.....	147
K.I.Ibragimov, B.H.Turakulov, Development of recommendations on effective operation of air filters of buses Mercedes-Benz in the conditions of Tashkent.....	149
N.E.Mahamatov, Computerized Vehicle Routing and Scheduling for Efficient Logistics.....	153
Мухитдинов А.А., Рузимов С.К., Касимов О.К., Виртуальный стенд для испытания тягово-скоростных свойств автомобиля .....	156
F.Sultonova, A.Zokirjonov, Measures to minimize the negative impacts of vehicles on the environment.....	158
З.Шарипов, Л.Бабаджанов, Али, О повышении износостойкости деталей машин.....	160
Шарипов К.А., Исамова Г., Ли А., Модернизации стенда для исследования уборочного аппарата хлопкоуборочной машины.....	162
Улжаев Эркин, Убайдуллаев Уткиржон Муродиллаевич, Контроль скорости вращения шпинделей измерением периода.....	164
Умеров Фикрет Шевкет оглу, Принцип работы и диагностика мехатронных систем автомобилей.....	168
Ж. Иноятходжаев, З. Алимова, А. Шарипов, Улучшения моюще - диспергирующих свойств моторных масел.....	171
Ж. Кайпова, З. Мамадалиева, Н. Имомова, Имомов Ш.Ж., Очистка биогаза от вредных примесей для применение в ДВС.....	174
Холикова Н., Совершенствование технологии очистки отработанных масел.....	177
Abdullaeva Oyimchakhon, Saidov Abdulla, The production of painted auto details: The ecological aspect in the climatic condition in Uzbekistan.....	181
Kongratbay Sharipov, Dr. Jamshid Inoyatkhodjaev, Akmal Rustamov, Determination of problems and correlations emergency response system (era-glonass) for cars and trucks in Uzbekistan.....	189

## ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

### ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ МОТОРНЫХ МАСЕЛ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В УСЛОВИЯХ ЖАРКОГО КЛИМАТА.

*Чудиновских А.Л. (ЗАО фирма «НАМИ-ХИМ», Москва),*

*Бойков Д.В. (ПАО «АВТОДИЗЕЛЬ, Ярославль)*

Обеспечение надежной эксплуатации автомобильной техники в условиях жаркого климата предъявляет жесткие требования к моторным маслам. Повышение температуры воздуха на впуске приводит к росту температуры цикла в двигателе, что влечет за собой увеличение тепловой нагрузки на детали и, как следствие, интенсифицирует процесс старения масла. Однако процесс старения масел при эксплуатации техники в жарком климате сложнее и требует использования масел с более высоким уровнем эксплуатационных свойств, как по пакету присадок, так и по базовой основе

В целом это приводит к необходимости оптимизации компонентного состава масляной основы и поиску различных технологических вариантов ее получения, с целью гармонизации соответствующих требований. Для подтверждения этого были проведены эксплуатационные испытания автомобильной техники, оборудованных двигателями КамАЗ-740 смазочная система которых заправлялась загущенным маслом М-6з/10Г<sub>2</sub>.

Каждым маслом заправлялись по 5 автомобилей, их пробег составил 10,0 тыс.км. Через каждые 2 тыс. км осуществлялся отбор проб работающего масла с определением кислотного и щелочного чисел, а также кинематической вязкости при 100°С и НРБ.

В последнее время в качестве компонентов масляных основ достаточно широко используются продукты гидрокрекинга (ПГ) и полиальфаолефины (ПАО). Их вовлечение в основу вместо маловязких нефтяных масел существенно снижает потерю массы с температурой и, как следствие, приведет к изменению расхода масла в условиях эксплуатации

Использование в странах с жарким климатом топлив с большим содержанием серы, и с низким уровнем эксплуатационных свойств масла приводит к интенсификации старения масла, росту нагароотложений и как следствие приводит к неисправностям двигателей. Производители комплексно решают вопрос эффективной эксплуатации техники в жарких странах: как за счет изменения конструкции двигателей, уменьшения сроков замены масла или применения масел высоких эксплуатационных групп.

Исходя из этого при разработке или подборе автомобильных моторных масел для техники, эксплуатируемой в условиях жаркого климата, следует рассматривать различные оптимизационные варианты в рамках триады: надежность, стоимость масла, расход масла.

### АДАПТАЦИЯ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ МЕЖОСЕВОЙ МУФТЫ ДЛЯ УСЛОВИЙ ЖАРКОГО КЛИМАТА.

*Заватский Александр Михайлович, инженер-конструктор 1 к.*

*ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», г. Москва, Российская Федерация*

#### **Аннотация**

Все больше автопроизводителей переходят на вариант полного привода с управляемыми многодисковыми муфтами. Простейший и наиболее часто встречающийся вариант такой системы – постоянный привод на заднюю ось с подключаемой при помощи межосевой многодисковой муфты передней осью без межосевого дифференциала. [1]

Периодическая пробуксовка межосевой муфты в таком случае неизбежна, и работа трения фрикционных элементов является основным источником тепла в раздаточной коробке. Данный доклад посвящен способам снижения тепловой нагрузки раздаточной коробки путем подстройки программного обеспечения управляющего межосевой муфтой.

## **Введение.**

Системы полного привода с управляемой межосевой муфтой получили широкое распространение, доказав свою эффективность. Для обеспечения конкурентоспособности на рынке полноприводных автомобилей необходимо производить не только агрегаты с соответствующим функционалом, но и программное обеспечение к ним. Современные алгоритмы таких систем основаны на эмпирических характеристиках, подбор которых влияет на: эффективность работы, тепловую нагрузку, ресурс и комфорт.

## **Постановка задачи.**

Сложность определения данных характеристик заключается в том, что изменение некоторых из них приводит одновременно к улучшению одного целевого параметра, например, комфорта, и ухудшению другого параметра, например, ресурса. Исходя из вышесказанного, характеристики целесообразно подбирать исходя из условий, в которых планируется эксплуатировать автомобиль. В рамках доклада рассматривается адаптация для условий жаркого климата, таким образом задача – оценить возможность снижения тепловой нагрузки за счет эмпирических характеристик алгоритма управления.

## **Метод решения.**

Тепловая нагрузка многодисковой муфты, как и её ресурс напрямую зависит от работы трения между фрикционными элементами, которая определяется выражением:

$$L = \int_0^{t_1} M_{\phi}(t) * (\omega_1 - \omega_2) dt, \text{ где}$$

$M_{\phi}$  – передаваемый муфтой момент;

$(\omega_1 - \omega_2)$  – разница скоростей фрикционных дисков. [2]

Передаваемый момент в свою очередь зависит от усилия осевого сжатия муфты, при помощи которого она управляется. Увеличение усилия сжатия приводит к уменьшению разницы скоростей, но увеличивает передаваемый момент, поэтому сложно оценить в каком случае это приведет к увеличению работы трения, а в каком к уменьшению. Поэтому оценка влияния алгоритма на тепловую нагрузку произведена при помощи имитационного моделирования в ПО LMS Amesim и Matlab Simulink.

## **Краткое описание работы алгоритма управления.**

Для системы полного привода можно выделить две основные задачи: противодействие пробуксовки задней оси и содействие курсовой устойчивости автомобиля.

Задача противодействия пробуксовке при прямолинейном движении решается относительно просто и проиллюстрирована на рисунке 1. При превышении разницы скоростей передней и задней оси определенного порога, генерируется запрос на повышение момента муфты. Как только разница скоростей начинает снижаться, повышение момента прекращается и переходит к снижению через определенное время после снижения разницы скоростей ниже порогового значения.

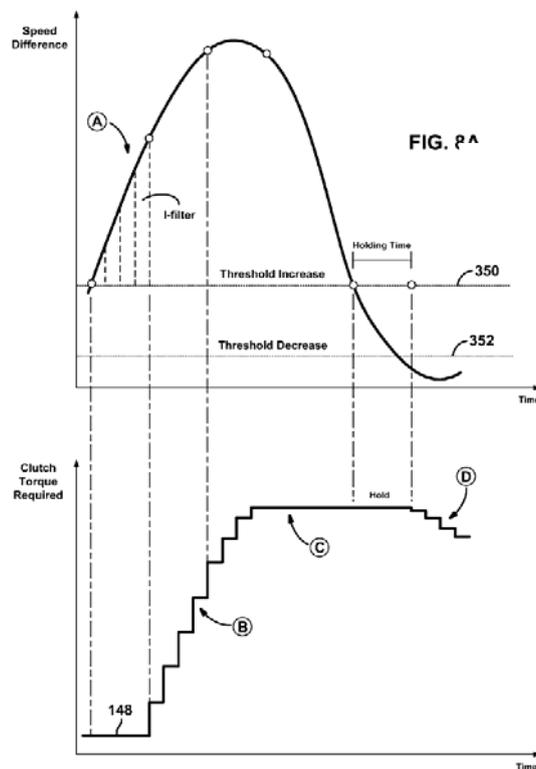


Рисунок 1. Иллюстрация работы блока контроля пробуксовки. [3]

Задача содействия курсовой устойчивости при криволинейном несколько сложнее. Т.к. при криволинейном движении скорости передней и задней оси разные, замыкание межосевой муфты вызывает циркуляцию потока мощности, выход которой происходит через контакт шины с дорогой. Такой вариант влечет за собой много негативных последствий, поэтому необходимо обеспечить такое сжатие муфты, чтобы передавать максимально возможный момент на переднюю ось сохраняя возможность пробуксовки в муфте. Однако, как это было описано выше, это приводит к большой работе трения в муфте.

#### Результаты имитационного моделирования.

Для положением руля и маневр с управляемым заносом. Каждый маневр выполнен с базовыми настройками, с повышенным и пониженным запрашиваемом моментом межосевой муфты.

Анализ результатов показал следующее:

Настройка характеристик алгоритма значительно влияет на работу трения, а значит и на тепловую нагрузку и ресурс межосевой муфты.

В разных условиях движения и на разных поверхностях оценки влияния характеристик алгоритма управления были смоделированы два маневра – поворот с фиксированным целесообразно иметь разные настройки, что позволит совместить высокую эффективность и ресурс.

Возможно скорректировать настройки алгоритма управления таким образом, чтобы за счет снижения контроля автомобиля во время управляемого заноса и комфорта, снизить тепловую нагрузку на муфту и повысить её ресурс.

#### Список литературы.

- [1] Заватский А.М., Харитонов С.А. Развитие алгоритмов активного распределения момента по осям легкового автомобиля // Труды НАМИ. – 2017. – № 2(269). – С. 37–47.

- [2] Зельцерман И.М., Каминский Д.М., Оношко А.Д.. Фрикционные муфты и тормоза гусеничных машин. Издательство «Машиностроение», 1965, 240 стр.
- [3] Thomas Christo, Martin Parigger, Andreas Teuschel. Clutch control system for power transfer unit in four-wheel drive vehicle. Patent US 7,873,457 B2, 18.01.2011.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОХЛАЖДАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ДВИГАТЕЛЯ АВТОМОБИЛЯ ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ В УСЛОВИЯХ ЖАРКОГО КЛИМАТА

*Гончаров Андрей Владимирович, кандидат технических наук, доцент, член-корреспондент Транспортной академии Украины, начальник Испытательной лаборатории ООО «Научно-производственное объединение «ТАЛИС», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация*

### Аннотация

Работа посвящена решению задачи совершенствования охлаждающего устройства двигателя автомобиля с учетом особенностей эксплуатации в условиях жаркого климата на основе интенсификации процесса теплообмена в радиаторе и выбора рациональных параметров конструкции и режимов работы блока «радиатор-вентилятор» (выбора вентилятора и рационального шага расположения ребер).

*Ключевые слова. Автомобиль, двигатель, система охлаждения, радиатор, вентилятор, теплопередача, климатические условия.*

Климатические условия оказывают непосредственное влияние на работоспособность, долговечность и надежность автомобиля и его систем, в частности, высокая температура окружающего воздуха в течение 5-ти месяцев в году существенно снижает эффективность работы систем. В связи с этим к системам охлаждения автомобилей, эксплуатируемым на территории стран с жарким климатом, предъявляются следующие требования: они должны обеспечивать надежную работу автомобилей при температуре окружающей среды более 40 °С и влажности 30 % при минимальных затратах мощности на привод вспомогательных систем, а также при минимальных затратах на техническое обслуживание и ремонт системы [1].

Территория России и стран СНГ разделена на климатические зоны, районы и подрайоны, основные характеристики некоторых из них приведены в табл. 1 [2].

*Табл. 1. Основные характеристики некоторых климатических районов России и стран СНГ*

Макроклиматический район	Климатический район	Средняя месячная температура воздуха, °С		Пункты	
		Январь	Июль	Представительный	Экстремальный
Холодный	Очень холодный	От -50 до -30	От 2 до 18	г. Якутск	г. Оймякон
	Холодный	От -30 до -15	От 2 до 25	г. Салехард	-
Умеренный	Умеренно холодный	От -30 до -15	От 6 до 25	г. Тюмень	г. Улан-Удэ
	Умеренный	От -15 до -8	От 8 до 25	г. Москва	г. Мурманск г. Волгоград
	Умеренно теплый	От -8 до -4	От 16 до 25	г. Киев	г. Ростов-на-Дону
	Умеренно теплый с мягкой зимой	От -4 до 0	От 16 до 25	г. Одесса	г. Новороссийск
	Жаркий сухой	От -15 до 4	От 25 до 30	г. Ташкент	-
	Очень жаркий сухой	От -4 до 4	От 30 и выше	г. Ашхабад	г. Термез

Учитывая сложные климатические условия, к системам охлаждения силовых установок автомобилей, поставляемых в страны с жарким климатом, предъявляются специфические требования. Они должны обеспечивать надежную работу силовой установки при температуре окружающей среды более 40°С, влажности 20 % и запыленности свыше 1,95 г/м<sup>3</sup>, полную автоматизацию работы и контроль параметров систем охлаждения, при минимальных затратах

мощности на привод вспомогательных систем автомобиля. Должны быть также минимальными затраты на обслуживание и ремонт [1].

Целью данной статьи является улучшение эксплуатационных характеристик двигателя внутреннего сгорания автомобиля, работающего в условиях жаркого климата, на основе выбора рационального шага расположения ребер в радиаторе и режимов работы вентилятора.

Для выбора рациональных параметров конструкции и режимов работы системы охлаждения двигателя внутреннего сгорания автомобиля проведен энергетический расчет системы на основе математической модели [3], уточненной результатами соответствующих теоретических [4, 5] и экспериментальных исследований [6, 7].

Расчеты проводились на примере автомобиля ЗАЗ – 110308-40 «Славута» с целью выбора более производительного и экономичного вентилятора, а также рационального шага расположения ребер  $t_p$  в радиаторе. Конечной целью расчета было определение рациональных вариантов систем охлаждения ДВС автомобилей и разработка рекомендаций для совершенствования системы с целью повышения ее эффективности.

С целью получения теплоэнергетических характеристик алюминиевых радиаторов паяной и сборной конструкции в аккредитованной Федеральной службой по аккредитации «Росаккредитация» Испытательной лаборатории ООО «НПО «ТАЛИС» на специализированном аттестованном стенде «Тепловая аэрогидравлическая труба» были проведены соответствующие испытания радиаторов, что позволило определить их приведенную теплоотдачу, аэродинамическое и гидравлическое сопротивления в зависимости от расходов теплоносителей.

Проведенные расчеты для исходных данных, представленных в табл. 2, показали, что серийные системы охлаждения двигателей исследуемых автомобилей, в которых применяются радиаторы сборной конструкции, в недостаточной степени отвечают требованиям теплорассеивания воздуха.

Табл. 2. Исходные данные для энергетического расчета системы охлаждения двигателя автомобиля Славута

№ п/п	Наименование параметров	Обозначение	Размерность	Величина
1.	Тепловыделение в воду двигателя внутреннего сгорания	Q	Вт	22000
2.	Производительность водяного насоса	$V_1$	м <sup>3</sup> /ч	5,5
3.	Фронтальная площадь радиатора	$f_{2фр}$	м <sup>2</sup>	0,1292
4.	Диаметр вентилятора	$D_v$	м	0,314
5.	Диаметр втулки вентилятора	$d_v$	м	0,135
6.	Частота вращения вентилятора	n	об/мин	3000
7.	Скорость движения автомобиля	$v_a$	км/ч	50
8.	Коэффициент использования набегающего потока	$a_v$	-	0,147
9.	Ширина радиатора, не охваченная кожухом	x	мм	40
10.	Температура окружающей среды	$t_2$	°С	50
11.	Температура воды на входе в радиатор	$t_1$	°С	105

Результаты расчетов свидетельствуют о том, что серийная система охлаждения автомобиля «Славута» не способна отвести необходимое количество теплоты от двигателя в окружающую среду при температуре 50 °С. Вентиляторные установки, применяемые в системе охлаждения данного автомобиля малоэффективны и не обеспечивают необходимый расход воздуха через радиатор. В том числе важное значение имеет степень охвата радиатора кожухом, которая в исследуемом автомобиле составляет всего 35 %, что тоже недостаточно эффективно, т. к. вентилятор просасывает воздух лишь через небольшую часть радиатора.

Результаты расчетов по выбору рационального шага расположения ребер в радиаторе сборной конструкции автомобиля «Славута» графически представлены на рис. 1 – 2.

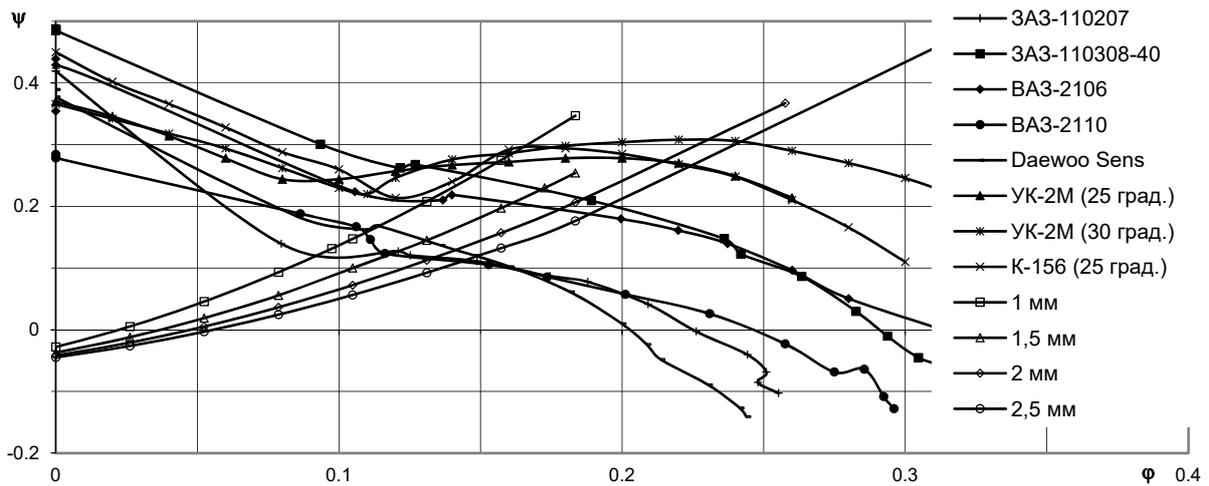


Рис. 1. Аэродинамические характеристики вентиляторных установок, а также сопротивление воздушного тракта автомобиля «Славута» со сборными радиаторами с разными шагами расположения ребер

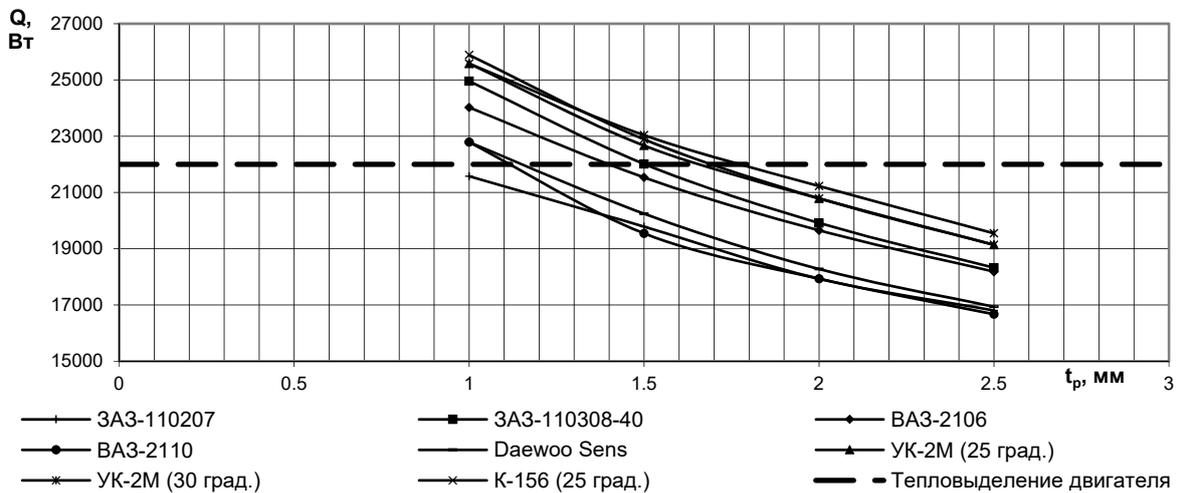


Рис. 2. Зависимость количества теплоты, отводимого сборным радиатором автомобиля «Славута», от шага расположения ребер в радиаторе

Как видно из рис. 1 – 2 серийный вентилятор 3A3-110207 не способен отвести заданное количество теплоты, в то время как вентилятор 3A3-110308-40, также применяемый на автомобилях «Славута», является достаточно эффективным при шаге расположения ребер 1,5 мм, однако при этом имеет высокие затраты мощности на привод (рис. 3).

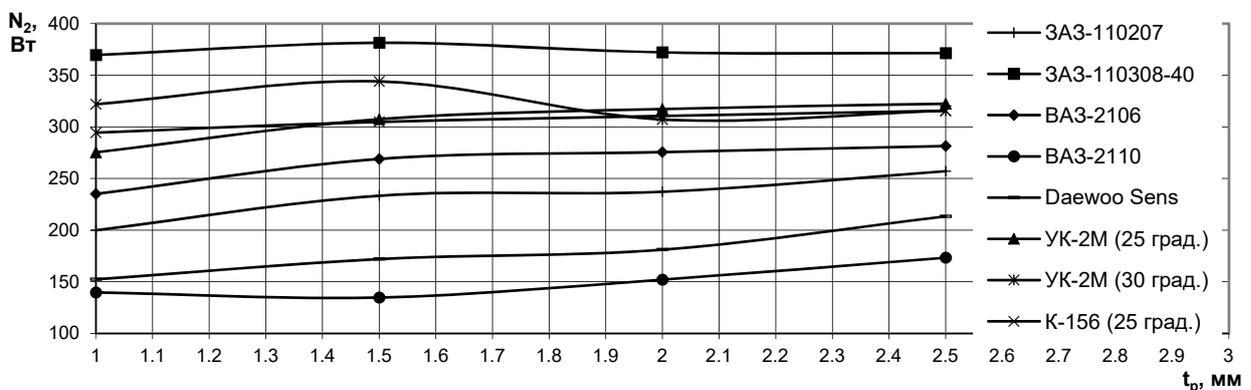


Рис. 3. Зависимость затрат мощности на привод вентиляторов от шага расположения ребер в сборном радиаторе автомобиля «Славута»

В связи с этим, в системе охлаждения автомобиля «Славута» необходимо применять совместно с радиатором сборной конструкции более эффективные вентиляторы типа УК-2М с углом установки лопастей  $\Theta = 30^\circ$  или К-156 с углом установки лопастей  $\Theta = 25^\circ$ , что позволит увеличить шаг расположения ребер в радиаторе с 1,5 мм до 1,7 мм, т.е. уменьшить число пластин на 30 шт., а массу радиатора – на 5,1 %. При этом, как видно из рис. 3, вентилятор К-156 является более экономичным по сравнению с УК-2М, поэтому его применение в системе охлаждения автомобиля «Славута» позволяет снизить затраты мощности на привод вентилятора на 18 – 20 % по сравнению с серийным вентилятором ЗАЗ – 110308-40.

Проведенные расчетные исследования показали, что при применении в системе охлаждения двигателя автомобиля «Славута» радиаторов сборной конструкции многие автомобильные вентиляторы (ЗАЗ-110207, ВАЗ-2110, Daewoo Sens) не способны обеспечить необходимый расход воздуха через радиатор. Как видно из рис. 1 и 2, рабочие точки необходимого безразмерного расхода воздуха лежат в пределах  $0,15 \leq \varphi \leq 0,2$ , в то время как эти вентиляторы могут обеспечить расход в пределах  $0,1 \leq \varphi \leq 0,15$ , что свидетельствует о необходимости применения более напорных вентиляторов, с характеристиками не хуже, чем у вентиляторов типа УК-2М и К-156.

Кроме радиаторов сборной конструкции на автомобиле «Славута» применяются трубчатоленточные паяные радиаторы с плоскоовальными трубками. Результаты расчетов по выбору рационального шага расположения ребер в радиаторе паяной конструкции автомобиля «Славута» с учетом разных типов вентиляторов графически представлены на рис. 4 – 5.

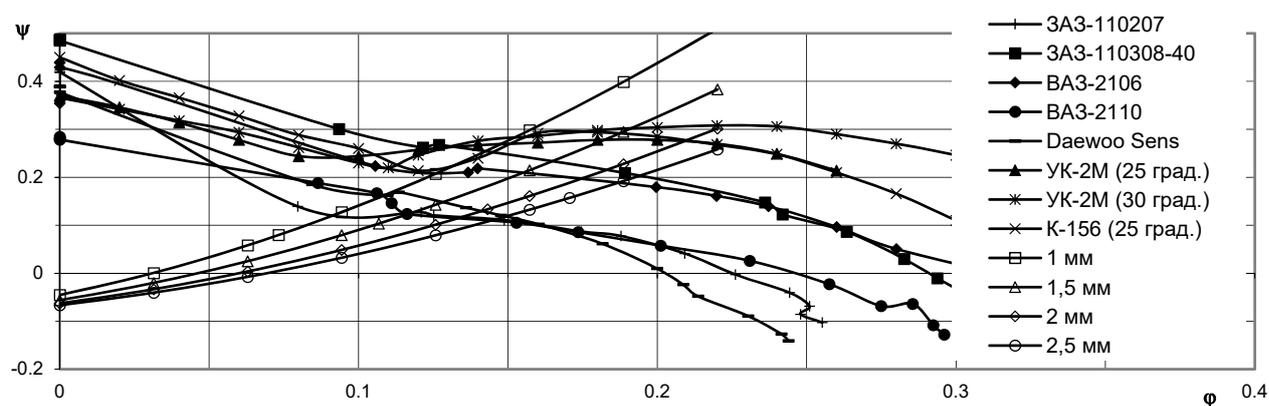


Рис. 4. Аэродинамические характеристики вентиляторных установок, а также сопротивление воздушного тракта автомобиля «Славута» с паяными радиаторами с разными шагами расположения ребер

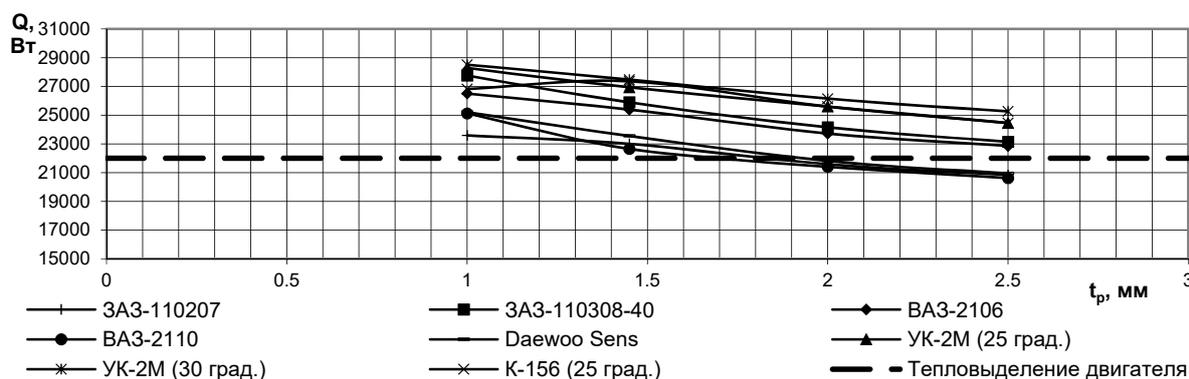


Рис. 5. Зависимость количества теплоты, отводимого паяным радиатором автомобиля «Славута», от шага расположения ребер с учетом работы разных типов вентиляторов

Из рис. 4 – 5 видно, что серийный вентилятор ЗАЗ-110207 при применяемом в радиаторах паяной конструкции шаге расположения ребер  $t_p = 1,5$  мм способен отвести заданное количество теплоты, в то время как другие, более эффективные вентиляторы, могут обеспечивать необходимый теплосъем и при больших значениях шага. Однако вентиляторы серии УК-2М и К-156

имеют высокие затраты мощности на привод по сравнению с серийным ЗАЗ-110207 (рис. 3). Поэтому в данном случае наиболее выгодным будет применить в системе охлаждения ДВС автомобиля «Славута» более экономичный, хотя и менее производительный, вентилятор автомобиля Daewoo Sens.

Таким образом, с целью повышения эффективности системы охлаждения двигателей автомобилей для нормальной работы при температуре окружающей среды до 50 °С рекомендуется применять алюминиевые радиаторы как паяной, так и сборной конструкции совместно с вентиляторами, аэродинамические характеристики которых не хуже, чем у вентиляторов серии УК-2М и К-156, применяющихся в охлаждающих устройствах тепловозов, что позволит увеличить шаг расположения ребер в радиаторе на 0,1 – 0,55 мм, а также снизить затраты мощности на привод вентилятора на 15 – 30 %.

### Список литературы

- [1] Куликов Ю. А. Системы охлаждения, вентиляции и отопления автомобилей: [Монография] / Куликов Ю. А., Грибиниченко М. В., Гончаров А. В. – Луганск: Изд-во ВГУ им. В. Даля, 2006. – 248 с.
- [2] Кригер А. М., Дискин М. Е. Жидкостное охлаждение автомобильных двигателей. – М.: Машиностроение, 1985. – 312 с.
- [3] Куликов, Ю. А. Теплоэнергетические системы транспортных машин / Ю. А. Куликов, В. В. Быкадоров, А. С. Котнов и др.; под ред. Ю. А. Куликова. – Луганск: «Елтон-2», 2009. – 365 с.
- [4] Ю. А. Куликов, А. В. Гончаров, Ю. Н. Томачинский, А. А. Верховодов. Особенности энергетического расчета системы охлаждения автомобиля при неполном охвате радиатора кожухом./ Автомобильный транспорт. Изд-во ХНАДУ, г. Харьков. Сборник научных трудов № 20 2007 г., с. 27 – 30.
- [5] Ю. А. Куликов, А. В. Гончаров, Н. Ю. Семенова. Теоретические и экспериментальные исследования процесса конвективного теплообмена в радиаторах систем охлаждения двигателей внутреннего сгорания автомобилей./ Вести Автомобильно-дорожного института. Изд-во АДИ ДонНТУ, г. Горловка. Научно-производственный сборник АДИ ДонНТУ № 1 (4) 2007 г., с. 62 – 70.
- [6] Ю. А. Куликов, А. В. Гончаров, Ю. Н. Томачинский, А. А. Верховодов. Результаты экспериментальных исследований энергетических характеристик алюминиевых радиаторов паяной конструкции./ Вестник Донецкого института автомобильного транспорта. Изд-во ООО «Дончанка-информ», г. Донецк. Научный журнал № 2 – 3 2006 г., с. 56 – 61.
- [7] Ю. А. Куликов, А. В. Гончаров, А. А. Верховодов. Повышение эффективности работы системы охлаждения автомобиля применением алюминиевых радиаторов паяной конструкции./ Вестник Восточноукраинского национального университета им. В. Даля. Изд-во ВГУ им. В. Даля, г. Луганск. Научный журнал № 7 (101) 2006 г., с. 130 – 134.

## СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ЖАРКОГО КЛИМАТА

*Шадиметов Ю.Ш. Профессор Ташкентского института по проектированию, строительству и эксплуатации автомобильных дорог.*

Одним из специфических проявлении Центрально-Азиатской региональной социосистемы, как зоны жаркого климата (высокая температура воздуха; резкие ее колебания в течение суток: за 8 ч - до 25°С; низкая относительная влажность: при температуре 40°С - около 10 %; высокая солнечная радиация) обуславливает ряд особенностей эксплуатации автомобилей. При эксплуатации в пустынных районах стандартных автомобилей имеет место существенное

ухудшение таких их эксплуатационных качеств, как скоростность, топливная экономичность, надежность, безопасность, удобство использования, также социально-экологические параметры.

Высокие температуры воздуха, особенно при движении автомобиля с большой нагрузкой и малой скоростью, вызывают частые перегревы двигателя. Этому способствует также то, что воздух в двигатель у стандартных автомобилей поступает из подкапотного пространства, где он нагревается в жаркое время до 80...100°C. В результате существенно ухудшаются показатели эффективности работы двигателя. При температуре наружного воздуха выше 40°C мощность двигателя уменьшается почти на 12 %, а расход топлива увеличивается на 17,5 %. Кроме того, значительно повышается содержание токсичных компонентов в отработавших газах. [1]

Климатические условия существенно влияют на организацию эксплуатации, хранения автомобилей и на их техникоэкономические и экологические показатели. Поэтому, рассматривая вопросы величины эколого-экономического ущерба от автомобилей, следует учитывать климатические условия конкретного района с целью увеличения надежности автомобилей при их эксплуатации и уменьшения вредного воздействия на окружающую среду.

Как показывают литературные источники, на состояние и состав городской воздушной среды влияют климатические и метеорологические особенности региона, которые определяются совокупностью природных факторов. Основными природными факторами, влияющими на климатические и метеорологические особенности региона и отдельных его районов, являются:

- атмосферная крупномасштабная циркуляция, деятельность циклонов, антициклонов и воздушных масс различного происхождения;
- ветровой режим по скорости и направлению;
- приток солнечного тепла;
- физико-географические особенности региона и его районов (рельеф местности, растительность, длительность снежного покрова и т. п. [2]

На формирование климата большое влияние оказывает атмосферная циркуляция. Наиболее существенные изменения погоды происходят в связи с перемещением и эволюцией воздушных масс, атмосферных фронтов, циклонов и антициклонов. Перегрев приборов системы электрооборудования (катушки зажигания, реле-регулятора, аккумуляторной батареи), особенно интенсивный при размещении последних в подкапотном пространстве, приводит к нарушению режима их работы, более частым отказам.

Высокая температура окружающего воздуха, а также интенсивное солнечное облучение вызывают переход легких фракций бензина в топливопроводах из жидкого в парообразное состояние. Это приводит к тому, что к карбюратору подается смесь топлива в жидкой фазе и его паров. При этом рабочая смесь, поступающая в цилиндры двигателя, оказывается обедненной настолько, что может вызвать перебои в работе двигателя или даже прекращение его работы.

Парообразование в системе питания зависит от давления в ней, температуры ее деталей и склонности бензина к испарению. Чем ниже давление, тем благоприятнее условия для парообразования. Самое низкое давление в топливной системе имеет место во всасывающем тракте и особенно над диафрагмой бензонасоса во время впуска топлива. Именно для этого места парообразование топлива характерно в наибольшей степени.

Давление же над диафрагмой зависит от взаимного расположения топливного бака и насоса, гидравлического сопротивления топливопроводов.

Высокие температуры приводят к плавлению консистентных смазочных материалов и вытеканию их из негерметизированных узлов, повышению давления нагретого воздуха в картерах агрегатов трансмиссии и вследствие этого течи масла через сальники, прокладки. В некоторых узлах (спидометрах, стеклоочистителях) из-за высыхания смазочного материала происходит интенсивное изнашивание деталей, что влечет за собой снижение их надежности. [3]

Высокие температуры вызывают снижение вязкости тормозной жидкости и подтекание ее, образование паровых пробок в гидравлическом приводе тормозов и отказ тормозов. Высокие

температуры и солнечное облучение отрицательно сказываются на работоспособности и сроке службы деталей из резины, пластмассы и других материалов. Вследствие высокого нагрева

(до 70...80°C) при движении по раскаленным дорогам интенсивно изнашиваются шины. В 2...3 раза сокращается срок службы ремней вентилятора.

В жаркую сухую погоду усиливается токсикокинетика транспортных токсикантов, они подвергаются процессу биотрансформации. Например смог наблюдается в виде желтой пелены (цвет придает присутствующий в воздухе диоксид азота NO<sub>2</sub> капельки желтой жидкости). Смог вызывает раздражение слизистых оболочек, особенно глаз, может вызвать головную боль, отеки, кровоизлияния, осложнения заболеваний дыхательных путей. Ухудшает видимость на дорогах, увеличивая тем самым количество дорожно-транспортных происшествий.

Опасность смога для жизни человека велика. Так, например, лондонский смог 1952 г. называют катастрофой, так как за 4 дня от смога погибло около 4 тыс. человек. Наличие в атмосфере хлористых, азотных, сернистых соединений и капелек воды способствует образованию сильных токсичных соединений и паров кислот, что губительно сказывается на растительный и животный мир. [4]

Особенности эксплуатации автомобилей в условиях пустынных районов жаркой зоны определяют ряд требований к их конструкции.

Это касается в первую очередь приспособленности двигателя к работе в этих условиях. В целях предотвращения его перегрева, снижения показателей эффективности целесообразны такие меры конструктивного характера, как: применение герметичной системы охлаждения с расширительным бачком; организация забора воздуха в систему питания не из подкапотного пространства, а снаружи; использование масляного радиатора; применение топливных насосов повышенной производительности; установка насоса и топливопроводов, исключающая нагрев их от двигателей или прямыми солнечными лучами, а также сводящая к минимуму гидравлическое сопротивление всасывающей ветви топливопровода (лучшим решением является установка насоса в топливном баке, при этом всасывающая ветвь топливопровода вообще отсутствует); применение бензинов, имеющих высокую температуру 10 %-ной точки, более высокую детонационную стойкость.

Для обеспечения необходимого уровня надежности автомобиля в целом, его агрегатов, узлов необходимо: применение более эффективной системы очистки воздуха, подаваемого в двигатель, в частности двухступенчатой фильтрации (фильтр типа «циклон» на первой ступени и масляно-инерционный на второй); использование более надежной пылезащиты всех смазываемых узлов; применение тугоплавких (с температурой плавления не ниже 105...110°C) смазочных материалов для трудногерметизируемых узлов, невысыхающих для смазывания приборов (стеклоочистителей, спидометров и др.); повышение герметичности картеров агрегатов; применение теплостойкой резины при изготовлении шин, различных резиновых изделий; использование термостойких пластмасс при изготовлении различных деталей, теплостойких клеевых композиций, лакокрасочных покрытий, стойких против выгорания обивочных материалов и др.

Для автомобилей, предназначенных к эксплуатации в пустынных районах жаркой зоны, необходимо применение тормозных жидкостей с необходимыми вязкостными свойствами при высоких (до +50°C) температурах, не склонных к образованию при повышении температуры паровых пробок.

Для обеспечения надлежащих условий работы водителя и комфортабельности поездки пассажиров необходимы: защита кабины водителя и пассажирского салона от проникновения пыли, горячего воздуха из подкапотного пространства, отработавших газов, паров топлива; оборудование кабины и салона системой кондиционирования воздуха; термоизоляция крыши кузова пассажирского автомобиля и кабины грузового от действия солнечных лучей, а также кабины и пассажирского салона от двигателя; окрашивание кузова и кабины, особенно их крыш, в светлые тона и т.д.

## Литература.

- [1] Боровских Ю.И. Бурлаев Ю.В. Морозов К.А. Устройство автомобилей: Практическое пособие-М: Высш. шк. 1989-288 с.
- [2] Родичев В.А. Устройство и техническое обслуживание грузовых автомобилей: Учебник водителя автотранспортных средств категории «С» -М: Издательство «АКАДЕМИЯ», 2004.- 256с.
- [3] Эксплуатация автомобилей в условиях жаркого климата и пустынно-песчаной местности. Практическое пособие. Лазебников М.Г., Бакуревич Ю.Л.1969.118с.
- [4] Шадиметов Ю.Ш. Экология. Учебник для вузов. 2018. 416 с.

## САЖА В МАСЛАХ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ

*Ефанова О.Ю., Ростовцев В.О., Русанова А.И., Тонконогов Б.П.*

*РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина*

*Москва, Российская Федерация*

### Аннотация

В данной работе была проведен анализ маслостойкости сажи для нефтяных масел. В результате была составлена математическая модель определения маслостойкости сажи для масла VHVI-4, масла И-20А и моторного масла М-10Г<sub>2</sub>К.

*Ключевые слова: сажа, масло, маслостойкость, математическое моделирование, регрессионный анализ*

За последнее десятилетие качество дизельного топлива и условия применения оказывают прямое влияние на ресурс используемого моторного масла. Однако, помимо известных преимуществ, увеличение интервалов замены масла приводит к увеличению уровня загрязнений и большей деградации масла. Масло в двигателе работает при высокой температуре, высоком давлении, взаимодействует с воздухом и продуктами неполного сгорания, пылью, металлическими поверхностями деталей и продуктами их изнашивания. Происходит процесс старения масла. В процессе старения масла физико-химические свойства масла изменяются, в нем накапливаются различные продукты загрязнения, а на деталях двигателя образуются отложения. [1]

Особенности эксплуатации автомобиля в жарком климате, такие как очень низкая влажность, высокая температура воздуха, его повышенная сухость, солнечная радиация, высокая концентрация пыли в воздухе, резко увеличивают возможность образования загрязнений в моторных маслах.

Основными зонами двигателя, в которых происходят процессы изменения свойств самого масла, является камера сгорания, зона поршня и поршневых колец, зона картера. В камере сгорания вследствие высокой температуры (выше 1000°С) преобладают процессы сгорания масла с образованием продуктов неполного сгорания (углеродистых частиц), а также процессы термического разложения и окисления масла. Из всей сажи, которая выработана двигателем, только 30% будет удалено через выхлопную систему. Остальные 70% останутся в масле, на стенках цилиндра, на поршне и т.д. [2]

В настоящий момент типичный уровень содержания сажи в масле около 5%. Такое содержание сажи уже негативно сказывается на моторесурсе, поэтому в индустрии смазочных материалов стремятся разработать масло, которое справится с большим содержанием сажи, не увеличив при этом вязкость.

Особенно сильно загрязняется масло органическими примесями при работе двигателя с малой частотой вращения на холостом ходу, пониженных тепловых режимах, что обусловлено худшими условиями процесса сгорания и относительно высоким прорывом газов в картер непрогретого двигателя.

Химический анализ сажи показывает, что она содержит 94-99% углерода и 0,5-3,0% водорода по массе, а также некоторое количество кислорода и зольных элементов.

Хорошо известно, что сажа обладает значительными адсорбционными свойствами. Поверхность сажи не несет ни ионов, ни функциональных групп, ни π-связей. Адсорбция на саже происходит под влиянием дисперсионных сил притяжения, т.е. силы электростатического притяжения мгновенного и наведенного диполей нейтральных молекул или атомов. [3] На поверхности дисперсных частиц сажи, особенно свежесформированной сажи, адсорбируется значительное количество легких углеводородов. Массовая доля таких углеводородов может занимать до 30% от массы сажи.

Была проанализирована возможность адсорбции углеводородов, входящих в состав масел. Была измерена маслоспособность сажи (безразмерная величина). Эксперимент проводился на масле И-20А (масло I группы по API), не содержащем в своем составе присадок, масле VHV-4 (масло III группы по API) и масле, применяемом для дизельных двигателей М-10Г<sub>2</sub>К. Зависимость маслоспособности сажевых частиц от их удельной поверхности представлена на рисунке 1.

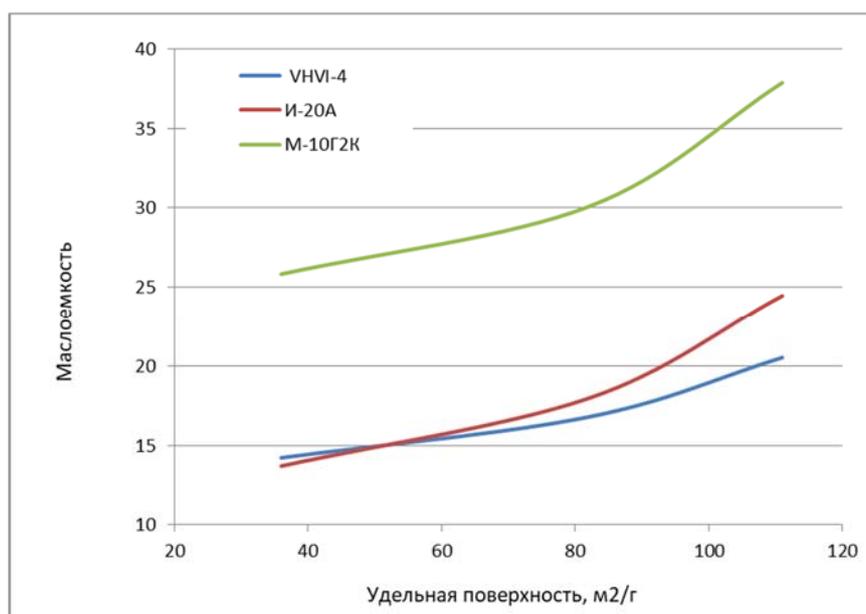


Рисунок 1 – Зависимость маслоспособности сажевых частиц от их удельной поверхности сажевых частиц.

Очевидно, что все построенные кривые подчиняется экспоненциальному закону. Численное отличие кривой для масла М-10Г<sub>2</sub>К можно объяснить соллюбилизирующей способностью имеющихся в составе масла моюще-диспергирующих присадок.

Зная, что адсорбируются индивидуальные углеводороды, при чем до 30% легких углеводородов, были построены математические модели зависимости маслоспособности сажи для каждого масла учитывающие не только удельную поверхность сажи, но и молекулярную массу индивидуального углеводорода. В результате получили математическую модель определения маслоспособности сажи в зависимости от определяемого индивидуального углеводорода для масел И-20А, VHV-4, М-10Г<sub>2</sub>К.

Для всех масел модель имеет следующий вид (1)

$$Q = B_0 + B_1 \cdot S + B_2 \cdot M + B_4 \cdot S^2 + B_5 \cdot M^2 \quad (1)$$

где Q – маслоспособность; S – удельная поверхность сажи, м<sup>2</sup>/г; M – молекулярная масса добавленного индивидуального углеводорода, г/моль; B<sub>i</sub> – коэффициенты уравнения регрессии.

Изменяются только коэффициенты уравнения регрессии.

Таблица 1 – Коэффициенты регрессии для масла VHV-4

Обозначение коэффициента	Значение коэффициента
B <sub>0</sub>	335,785

B1	-0,144
B2	-7,443
B4	1,941·10 <sup>-3</sup>
B5	0,043

Для полученной модели были определены коэффициент корреляции, который составил 0,99 и погрешность, равная 0,02 (рисунок 2).

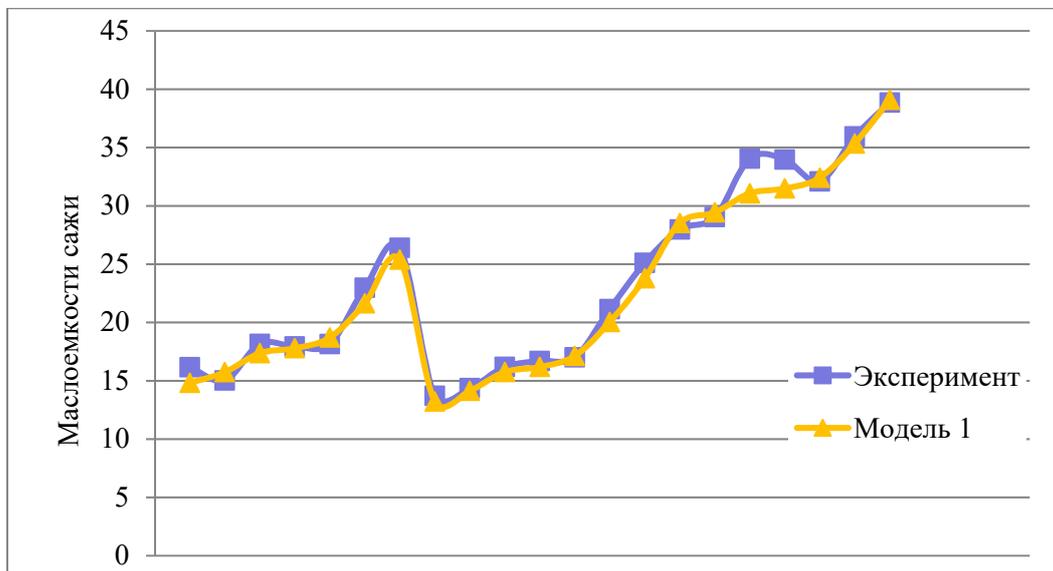


Рисунок 2 – Математическая модель маслоемкости сажи для масла гидрокрекинга VHVI-4

Таблица 2 – Коэффициенты регрессии для масла И-20А

Обозначение коэффициента	Значение коэффициента
B0	85,529
B1	0,037
B2	-1,925
B4	5,254·10 <sup>-4</sup>
B5	0,013

Для полученной модели были определены коэффициент корреляции, который составил 0,99 и погрешность, равная 0,09 (рисунок 3).

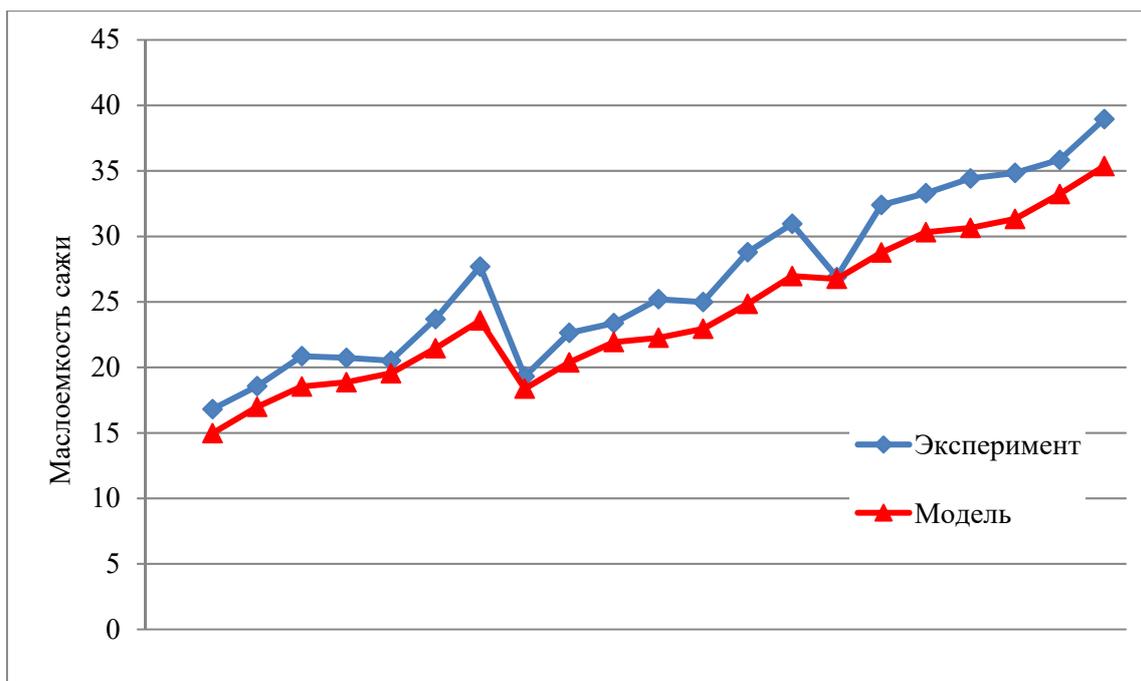


Рисунок 3 – Математическая модель маслоемкости сажи для масла гидрокрекинга И-20А

Обе предыдущие модели строились для систем, не имеющих в своем составе поверхностно-активных веществ, так сказать для «идеальных масел». Особенно для масла VHVI-4, которое получают с помощью гидрокрекинга и следовательно углеводородный состав этого масла более однородный чем И-20А. Появление же пакета присадок полностью может изменить адсорбцию углеводородов на частицах сажи. Была составлена математическая модель для моторного масла М-10Г<sub>2</sub>К.

Таблица 3 – Коэффициенты регрессии для масла М-10Г<sub>2</sub>К

Обозначение коэффициента	Значение коэффициента
B <sub>0</sub>	335,785
B <sub>1</sub>	-0,144
B <sub>2</sub>	-7,443
B <sub>4</sub>	1,941·10 <sup>-3</sup>
B <sub>5</sub>	0,043

Для полученной модели были определен коэффициент корреляции, который составил 0,99 и погрешность, равная 0,02 (рисунок 4).

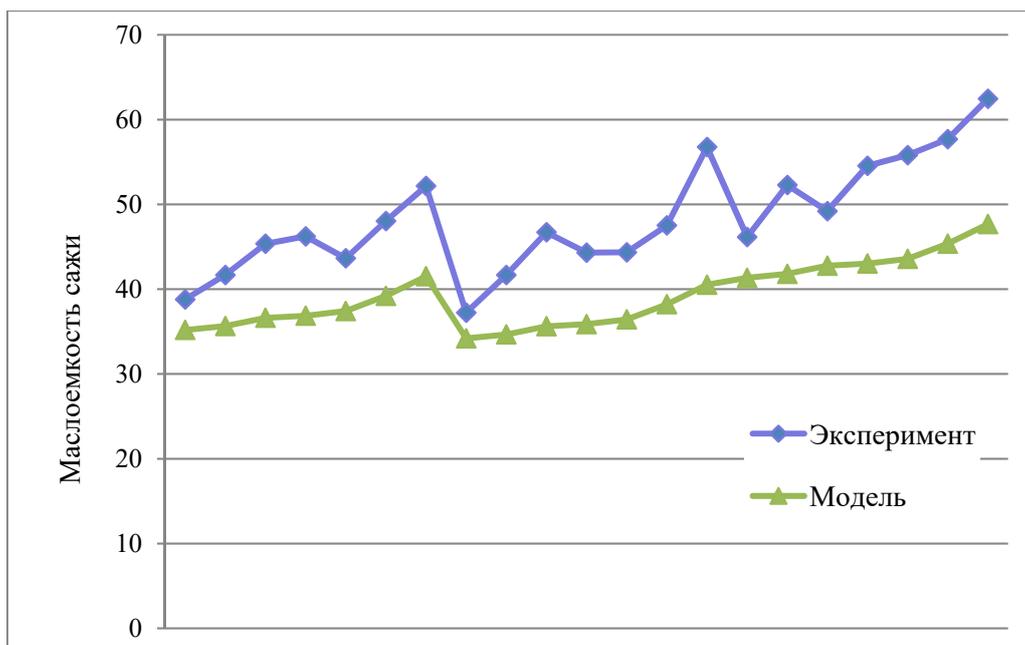


Рисунок 4 – Математическая модель маслоемкости сажи для масла гидрокрекинга М-10Г<sub>2</sub>К.

Полученные математические модели для масла гидрокрекинга VHVI-4 и индустриального масла И-20А отличаются большим коэффициентом корреляции и минимальной погрешностью. Модель для моторного масла М-10Г<sub>2</sub>К имеет пониженный коэффициент корреляции и большую погрешность, что, прежде всего связано с тем, что в масле М-10Г<sub>2</sub>К, в отличие от И-20А и VHVI-4 содержится пакет присадок с моюще-диспергирующими свойствами, учитывать влияние которых в данной модели затруднительно.

В данной работе была проведен анализ маслоемкости сажи для различных масел. Было установлено, что с увеличением удельной площади поверхности сажи, адсорбция масла происходит в большем объеме. На основе результатов адсорбции индивидуальных углеводородов содержащихся в масле, удельной поверхности адсорбции были олученные математические модели маслоемкости для масла VHVI-4, И-20А и М-10Г<sub>2</sub>К. Для первых двух масел математические модели отличаются большим коэффициентом корреляции и минимальной погрешностью. Модель для моторного масла М-10Г<sub>2</sub>К имеет пониженный коэффициент корреляции и большую погрешность, что, прежде всего связано с тем, что в масле М-10Г<sub>2</sub>К содержится пакет присадок с моюще-диспергирующими свойствами, учитывать влияние которых в данной модели затруднительно.

#### Список использованной литературы

- [1] Кобяков С. В. Снижение расхода масла на угар высокооборотистыми дизельными двигателями совершенствованием поршневых колец: автореферат дис. к.т.н. Одесский гос. университет, Одесса, 2005. 14-16 с.
- [2] Шагин В.В. Старение и очистка дизельных масел / В.В. Шагин. – Калининград: Кн. изд-во, 1971. – 12 с.
- [3] Даниэльс Ф., Олберти Р. Физическая химия. – М.:Мир, 1978. – С. 453. – 646 с.
- [4] Лашхи В.И. Физико-химия работающих дизельных масел как дисперсных систем [Текст] / В.И. Лашхи, Г.Г. Немсадзе, Г.И. Шор. – Москва: ГОСНИТИ, 2003. 54 с.
- [5] Клименко Е.Т. Регрессионный анализ и введение в планирование эксперимента Москва, 2013г 49 с.

## ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИНТЕТИЧЕСКИХ МАСЕЛ В КАЧЕСТВЕ КОМПОНЕНТА ДИСПЕРСИОННОЙ СРЕДЫ СИЛИКАГЕЛЕВЫХ СМАЗОК.

*Е.В. Голованова, Д.И. Москаленко*

*Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина, Ленинский пр-т 65, г. Москва, Россия*

Требования к пластичным смазкам возрастают с каждым годом. Это связано с усложнением механизмов, увеличением тепловой нагрузки и общим развитием отраслей, где они применяются. В странах СНГ до сих пор наиболее распространены мыльные смазки, среди которых преобладают гидратированные и солидолы. Это объясняется эксплуатацией морально устаревшей техники, в которой их применение оправданно их низкой себестоимостью. Доля немых смазок на неорганических загустителях (аэросилы, силикагели, сажа, бентониты) к 2010 г. составляет всего 3%. К сожалению, научный потенциал в области разработки и фундаментальных исследований смазочных материалов, накопленный за многие годы, в значительной степени утрачен. Этим объясняется снижение конкурентоспособности отечественных смазочных материалов и увеличивающийся год от года объем их импорта [1].

В сложившейся ситуации довольно перспективны смазки на немых загустителях (двуокись кремния, окись алюминия, бентонитовые глины, высокомолекулярные соединения, производные мочевины и т.д.). На их основе представляется возможной выработка пластичных смазок, работоспособных в широком интервале температур, высоких нагрузок и скоростей, а также устойчивых к воздействию радиации и химически агрессивных сред. Одной из важных проблем, связанных с применением силикагелевых смазок, является невысокий уровень их поверхностных свойств. В настоящей работе изучены возможности улучшения свойств силикагелевых смазок с помощью введения в их состав синтетических масел. [2].

В качестве дисперсионной среды для приготовления полужидких смазок использовали нефтяные масла (И-40А, МС-20, КС-19) и синтетические жидкости ПМС-400 и ПАОМ-100. Синтетический компонент обеспечивает более высокую термическую стабильность, обладают низкой температурой застывания и малой вязкостью при низких температурах. В качестве загустителя (дисперсионной фазы) для приготовления смазок использовался бутасил - гидрофобизированный аэросил.

Выявлено, что добавление 5% мас. ПМС-400 улучшает противоизносные свойства смазок. Диаметр пятна износа (20 кг) уменьшается на 0,06 мм при добавлении ПМС-400 к маслу И-40А и МС-20. Так же показана возможность применения бутасила в качестве загустителя силикагелевых смазок. Он в значительной степени улучшает защитные свойства и обладает хорошей загущающей способностью.

Использование ПАОМ-100 в качестве дисперсионной среды позволяет улучшить противоизносные свойства. В сравнении с дистиллятным маслом И-40А диаметр пятна износа (20кг) уменьшается на 0,04 мм, а по сравнению с остаточным маслом МС-20 на 0,22 мм. Но смазки содержащие в своем составе подвержены разупрочнению при воздействии высоких температур.

Все испытанные образцы сравнивались со смазкой литол. Они превосходят ее антикоррозионные свойства в 3 и более раз. Это очевидно связано с природой загустителя. Мыльные смазки сильнее подвержены окислению и хуже защищают поверхности от коррозии. Все приготовленные образцы выдерживают испытание - 21 час в условиях повышенной температуры и влажности камере Liebislabortechnik (Германия). Наиболее стойким из всех является образец, приготовленный на синтетическом масле ПАО-100 с добавлением 15% загустителя. При дальнейшем анализе групп образцов, было выявлено, что добавление кремнийорганической жидкости ПМС-400 практически не влияет на это свойство. Наихудшими образцами являются смеси полиальфаолефинового масла с остаточным.

В настоящее время проводится уточнение полученных данных с целью выявления и оптимизации основных технологических режимов, а так же подбор композиции присадок и наполнителей (оптимального состава и концентрации) с целью улучшения свойств полужидких силикагелевых смазок.

## Литература

- [1] Т. Манг, У. Дрезель (ред.) Смазки. Производство, применение, свойства. Справочник: пер. 2-го англ.изд. под ред. В. М. Школьников – Спб.: ЦОП «Профессия», 2010. – 944 с., ил.
- [2] Ищук Ю.Л. Технология пластичных смазок. - Киев: Наукова думка, 1986. - 248 с.
- [3] Киташов Ю.Н. Исследование и разработка силикагелевых смазок с композициями присадок и наполнителей. Дисс. канд. техн. наук. – М.: МИНХ и ГП, 1982. – 205 с.
- [4] Химия и технология топлив и масел 1(569)'2012

## ВЛИЯНИЕ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИМОЧЕВИННЫХ СМАЗОК

*М.М. Фролов, А.Ю. Киякова, Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина, Ленинский пр-т 65, г. Москва, Россия*

В поиске смазок, работоспособных в широком интервале температур (особенно с высоким верхним температурным пределом применения), в контакте с неблагоприятными средами, отличающихся высокой гидролитической и химической устойчивостью, хорошей антиокислительной и механической стабильностью, при больших удельных нагрузках и скоростях, другими ценными эксплуатационными свойствами, например хорошей прокачиваемостью, большим ресурсом работоспособности, было найдено, что наиболее подходящими в этом случае являются смазки, загустителем которых являются производные мочевины — органические соединения, в состав которых входят молекулы одной или нескольких мочевиновых групп. Но свойства чистых смазок не всегда могут удовлетворить условиям, в которых они будут применены в тех или иных узлах трения. [1]

Товарные полимочевинные смазки содержат присадки и наполнители различного назначения. Часто эффективность присадок в них проявляется сильнее, чем в других смазках. Вероятно, это обусловлено лучшими возможностями диффузии присадок между волокнами ПМЗ, образованных менее полярными, чем мыла, молекулами. [2]

Целью работы является исследование влияния наполнителей на трибологические свойства полимочевинных смазок и выявление лучшего образца.

В качестве образцов были приготовлены полимочевинные смазки на базе масел ПАО и С-9 с введением следующих наполнителей в процессе варки: дисульфид молибдена российского ( $\text{MoS}_2(\text{RUS})$ ) и американского ( $\text{MoS}_2(\text{USA})$ ) производства, графит, МС Мецират М с интервалом 5% массовых, а также наночастицы дисульфида вольфрама (IF-WS2) в форме фуллеренов в концентрациях 1% и 3% массовых. Данные полученные в результате определения показателя  $P_c$  (нагрузка сваривания), показателя  $P_k$  (критическая нагрузка) и  $D_u$  (диаметр пятна износа) образцов на четырехшариковой машине по ГОСТ 9490-75 представлены в Таблице 1.

Таблица 1

*Сравнение триботехнических свойств смазок с вводом наполнителя во время варки*

Образец №	Концентрация наполнителя	$D_u$ , мм	$P_k$ , кгс	$P_c$ , кгс
1	-	0,3	126	>630
2	5% $\text{MoS}_2(\text{RUS})$	0,88	150	>630
3	10% $\text{MoS}_2$	0,72	160	>630
4	15% $\text{MoS}_2$	0,80	178	>630
5	5% $\text{MoS}_2(\text{USA})$	0,85	160	>630
6	10% $\text{MoS}_2$	0,60	178	>630
7	15% $\text{MoS}_2$	0,79	188	>630
8	5% С	0,75	126	>630

9	10% С	0,66	133	>630
10	15% С	0,62	150	>630
11	5% МС Мецират М	0,66	178	>630
12	10% МС Мецират М	0,69	160	>630
13	15% МС Мецират М	0,72	188	>630
14	1% IF-WS2	0,44	200	>630
15	3% IF-WS2	0,68	178	>630

На основе полученных данных можно сделать следующие выводы: Полимочевинная смазка с дисульфидом фольфрама является лучшим образцом, но необходимо следить за процентным содержанием его в смазке, поскольку у него есть допустимая процентная концентрация. Трибологические показатели улучшаются: диаметр пятна износа снижается с 0,52мм до 0,44 мм, и критическая нагрузка с 150 кгс до 200 кгс.

Образцы с добавлением дисульфида молибдена показывают хорошие результаты, как просто с наполнителем, так и с присадкой. Диаметр пятна износа уменьшается с 1,02 мм до 0,88 мм, критическая нагрузка с 112 кгс до 160 кгс, а нагрузка сваривания увеличивается до максимального значения.

Добавление графита несущественно влияет на показатель диаметр пятна износа и критическую нагрузку (относительно влияния дисульфида молибдена: 0,99 мм и 106 кгс против 0,6 мм и 178 кгс). Но видно стабильное улучшение противоизносных свойств.

Сравнив образцы с дисульфидом молибдена российского и американского производства, нельзя сказать о совершенстве какого-то из них, но абсолютно точно по результатам испытаний при добавлении американского дисульфида, смазка показывает результаты немного лучше, в отличии дисульфида российского производства (0,6 мм и 178 кгс против 0,72 мм и 160 кгс соответственно).

Инновационный наполнитель МС Мецират М позволил не только сделать инновационную смазку, но и сравнить с уже много раз испытанными образцами с дисульфидом молибдена и графита. Смазки с Меланином показывают результаты на порядок выше и лучше. При увеличении концентрации показатели улучшаются от 0,66 мм до 0,58 мм диаметра пятна износа и от 178 кгс до 188 кгс критической нагрузки.

Наилучший образец (15) превосходит эталон по все эксплуатационным свойствам, что показывает, что смазка с дисульфидом вольфрама сможет увеличить срок службы узла трения подшипников качения.

- [1] Список использованной литературы
- [2] Технология пластичных смазок / Ищук Ю. Л. – Киев: Наук. дум-ка, 1986 – 248 с.
- [3] А.М. Данилов «Пластичные смазки на полимочевинах». - М.: ЦНИИТЭНЕФТЕХИМ, 1995 г., с. 68

## ПРИМЕНЕНИЕ ГИБКИХ СТРАТЕГИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В ОСОБЫХ УСЛОВИЯХ ЕЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

*Савин Леонид Олегович, сотрудник Государственный университет аэрокосмического приборостроения, г. Санкт – Петербург, Россия, (leonidys77@yandex.ru)*

### Аннотация

Тезисы посвящены разработке гибких стратегий технического обслуживания автомобильной техники и обоснованию возможностей их применения в особых природно-климатических и дорожных условиях ее эксплуатации (жаркий и сухой климат, повышенная запыленность воздуха и т.п.). В работе показано, что применение данных стратегий на практике позволяет повысить эффективность применения АТ при ее эксплуатации в особых условиях.

*Ключевые слова: надежность автомобильной техники, гибкая стратегия технического обслуживания, особые условия эксплуатации.*

Постоянно возрастающая в современных условиях важность автомобильной техники (АТ) и автотранспорта в целом придает особую актуальность вопросам обеспечения и повышения ее надежности. При этом на территории нашего континента АТ может эксплуатироваться в самых различных климатических и дорожных условиях – например, в условиях экстремально низких и высоких температур (Крайнего Севера, Заполярья или в пустынных условиях), в условиях повышенной влажности, сложного рельефа местности, бездорожья и т.д. При этом условия эксплуатации автомобильной техники неминуемо влияют на режимы работы ее отдельных агрегатов и деталей, ускоряя или замедляя изменение параметров технического состояния техники в целом. Иными словами, описанные выше (особые) дорожно-климатические условия эксплуатации АТ оказывают существенное влияние на ее надежность, влияя на техническое состояние узлов, агрегатов и механизмов автомобильной техники. Такое влияние приводит к постепенному изменению значений контролируемых параметров АТ, при этом выход таких параметров за допустимые (установленные) пределы, как правило, приводит к отказу техники в целом.

Очевидно, что для устранения данной проблемы необходимо организовывать эксплуатацию АТ с учетом условий ее использования: в зависимости от конкретных условий применения АТ проводить контроль и регулировку ее параметров в сроки, не всегда совпадающие с указанной в технической документации периодичностью проведения ТО [1]. Это связано с тем, что рассчитанные для типовых (усредненных) условий эксплуатации сроки проведения ТО (регламентных работ), приведенные в документации, зачастую оказываются недостаточно обоснованными. Это приводит к ускоренному износу деталей, досрочному выходу узлов и агрегатов из строя в и конечном итоге – к снижению коэффициента готовности автомобильного парка в целом и к повышению непроизводительных затрат на его эксплуатацию (увеличению затрат на ремонт и восстановление работоспособности автомобилей). В связи с этим для решения основных задач технической эксплуатации автомобильного транспорта необходимо изучение закономерностей изменения технического состояния автомобильных узлов, агрегатов и механизмов под влиянием различных факторов в процессе эксплуатации автотехники.

Однако в настоящее время данные вопросы, к сожалению, изучены не в полном объеме и недостаточно глубоко. Общие вопросы эксплуатации автомобильной техники в особых условиях исследовались, например, в работах [2, 3], однако эти работы носят по большей части теоретический характер, и в них нет практических рекомендаций по использованию конкретных типов автомобильной техники в тех или иных условиях эксплуатации. Отдельные вопросы, посвященные эксплуатации автомобилей в конкретных климатических и дорожных условиях исследовались, например, в работах П. П. Ощепкова [4], В. В. Ионова [5] и других авторов. Однако таких работ в настоящее время не так много, и почти все они посвящены исследованию лишь строго определенной (т.е. конкретной и почти всегда достаточно узкой) проблемы.

Проведенный анализ имеющихся работ по данной тематике [1,2] позволяет выделить из общей совокупности технических параметров АТ ряд наиболее важных параметров, которых вплотную связаны с ускоренным выходом из строя узлов и агрегатов АТ в особых условиях их эксплуатации. Очевидно, что поддержание значений данных параметров в пределах нормы позволит обеспечить работоспособность АТ в течение всего заданного интервала времени (срока службы). В связи с этим при эксплуатации АТ в особых условиях одной из достаточно важных и актуальных задач является поддержание в установленных пределах значений данных параметров.

Во многих случаях анализ имеющегося статистического материала по отказам АТ позволяет выявить определенные закономерности постепенного изменения значений определяющих параметров АТ с течением времени. Определив такие закономерности временного дрейфа параметров АТ и предвидя момент выхода значений этих параметров за установленные пределы, можно произвести их заблаговременную и своевременную настройку (регулировку) и тем самым – не допустить отказа АТ. Данная задача по определению момента достижения определяющим параметром АТ своего предельно допустимого значения может быть решена применением одного из известных методов прогнозирования, по результатам которого могут быть сделаны научно обоснованные выводы о потенциальной надежности того или иного узла (агрегата) АТ, т.е. о возможности его использования по назначению в течение интервала времени до момента очередного контроля.

На основе полученных в ходе прогнозирования данных о предположительном моменте отказа выхода параметров за допустимые пределы могут быть обоснованы оптимальные значения периодичности ТО, при которых обеспечивается выполнение основных требований, предъявляемых к АТ (например, к ее надежности и затратам на эксплуатацию). С учетом рассчитанных (оптимальных) сроков проведения ТО возможен также дальнейший переход от жесткой (плановой) стратегии ТО АТ к т.н. гибким стратегиям ТО, при которых перечень и периодичность выполнения операций определяются фактическим техническим состоянием объекта (значениями контролируемых параметров АТ) в момент начала ТО.

Следует отметить, что необходимыми организационными условиями применения гибкой стратегии ТО АТ (обслуживания АТ по состоянию) являются экономическая целесообразность, наличие приборной базы, наличие методики прогнозирования технического состояния, обученный персонал и контролепригодность оборудования. Необходимым техническим условием применения ТО по состоянию является наличие элементов с ярко выраженным временным дрейфом контролируемых параметров, которые являются определяющими для обеспечения работоспособности устройства [6].

Разработка гибких стратегий ТО применительно к АТ и использование разработанных гибких стратегий на практике позволят своевременно проводить ТО АТ, т.е. обеспечить постоянное нахождение значений ОП в пределах нормы, предотвращая тем самым как выход из строя отдельных узлов (агрегатов) АТ, так и отказ АТ в целом. При этом описанный выше подход к определению параметров ТО как этапа эксплуатации АТ может быть реализован совместно со статистическим подходом, например, использоваться для корректирования ТО по регламенту. При этом ТО АТ, проводимое по гибкой стратегии, в отличие от обслуживания по регламенту, позволит учесть такие факторы, как техническое состояние и особые условия эксплуатации АТ и тем самым повысить эффективность использования АТ при ее эксплуатации в особых условиях.

#### **Список литературы**

- [1] Калявин В. П. Основы теории надежности и диагностики. – СПб: Элмор, 1998. – 172 с.
- [2] Агеев Е. В. Особые условия технической эксплуатации и экологическая безопасность автомобилей: Учебное пособие. – Курск: ЮЗГУ, 2015. – 212 с.
- [3] Ефремов Л. В. Проблемы управления надежностно–ориентированной технической эксплуатацией машин. – СПб: Art-Xpress, 2015. – 206 с.
- [4] Ощепков П. П. Оценка влияния надежности автомобиля «Камаз» на безопасность дорожного движения в условиях Севера. Диссертация на соискание степени к.т.н. Якутск: ЯГУ им. М. М. Аммосова. – 2000. – 147 с.
- [5] Ионов В. В. Исследование эксплуатационной надежности агрегатов трансмиссии автомобилей «Камаз» // Вестник СВГУ. – 2013. - № 20. – С. 82.
- [6] Бабенко И. А. Внедрение системы ТО по фактическому состоянию машинного парка. [http://thepit.oaosng.ru/babenko\\_r.htm](http://thepit.oaosng.ru/babenko_r.htm) (электронный ресурс).

## Секция 1 «ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ»

### ТРАНСПОРТИРОВКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ГРУЗОВ И АНАЛИЗ ПИКОВЫХ ПЕРИОДОВ

Астанакулов К.Д., Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, г.Ташкент, Узбекистан.

#### Аннотация

В статье приведены данные по видам сельскохозяйственной продукции и объёму их производства, уборка их в сжатые сроки, что резко увеличивает потребность в мобильных и скоростных транспортных средствах, проанализированы пиковые периоды, которыми являются июнь - период уборки зерновых, август - период уборки овоще-бахчевых культур, сентябрь - период уборки хлопка.

*Ключевые слова:* груз, перевозка, транспорт, период уборки, объем производства, сельскохозяйственная продукция.

В ближайшие годы в Узбекистане запланировано развитие транспортно-логистической и дорожно-транспортной инфраструктуры путем реструктуризации и модернизации отрасли, а также внедрения инновационных технологий [1]. В последние годы объем перевозимых грузов значительно увеличился и эта тенденция будет сохраняться и в будущем.

Значительную часть перевозимых грузов в Узбекистане составляют сельскохозяйственные грузы. К сельскохозяйственным грузам относится различная продукция сельскохозяйственного производства: зерно, овощи, фрукты, хлопок, продукты животноводства, растениеводства, а также удобрения, посевные и посадочные материалы, топливо для сельхозмашин и различные хозяйственные грузы фермеров и сельхозтоваропроизводителей.

В 2017 году в Узбекистане произведено 8,377 млн. тонн зерна, 2,93 млн. тонн хлопка, 12,1 млн. тонн овощей, 2,3 млн. тонн бахчи, 3,1 млн. тонн картофеля, 3,3 млн. тонн фруктов, 1,8 млн. тонн винограда, более 300 тысяч тонн риса, а также 2,3 млн. тонн мяса, 10,4 млн. тонн молока, 7,0 млрд. штук яиц и 15,4 тыс. тонн мёда (рис.1) [2].

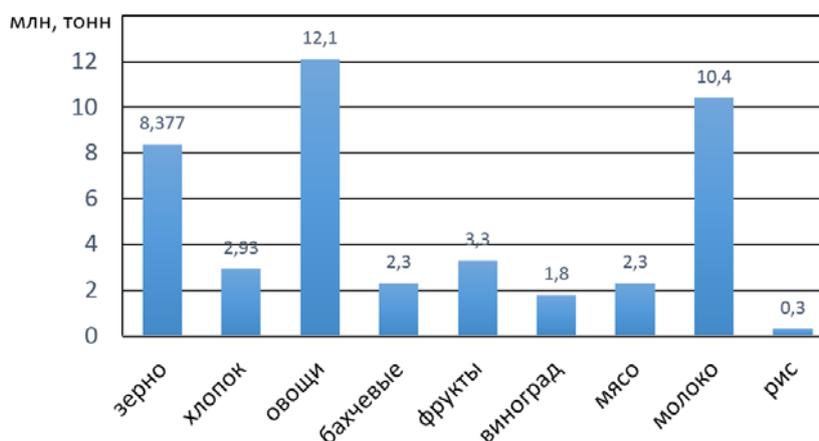


Рис.1. Объем производства сельскохозяйственных продуктов

Запланировано в течение 2-3 лет увеличить объем производства овощей на 105,7 %, картофеля на 106,3 %, бахчи на 106,1 %, фруктов на 106%, винограда на 105,7 %, мяса на 105,6 %, молока на 108,1 %, яиц на 111,3 %, рыбы на 120 % и мёда на 118,2 % [1].

Как видно из графика виды сельскохозяйственной продукции и объём их производства разнообразны. Причем уборка всех продукции производится в сжатые сроки с целью предотвращения их потерь или порчи и одновременной уборкой, требуется доставка их до места хранения или переработки. Это, в свою очередь, увеличивает потребность транспортных средств, причем различного типа, в зависимости от вида транспортируемых сельскохозяйственных грузов.

Как известно, сельскохозяйственные грузы классифицируются по следующим признакам: физико-механическим и биохимическим свойствам; степени использования

грузоподъемности транспортных средств; способу погрузки-разгрузки; срочности и периодичности перевозок; массовости перевозок и условиям перевозок.

По физико-механическим свойствам различают грузы: твердые, жидкие или наливные (молоко, жидкие удобрения, жидкое топливо и другие) и газообразные. К физико-механическим свойствам сельскохозяйственных грузов относятся также углы естественного откоса, коэффициенты трения, бокового давления и другие, которые влияют на конструкцию кузова и крепление его к раме. Более 70 % сельскохозяйственных грузов относится к насыпным и навалочным.

По срочности и периодичности перевозок различают сельскохозяйственные грузы, подлежащие перевозке в сжатые сроки, лимитируемые агротехническими требованиями, либо скоропортящиеся и грузы, перевозка которых может быть растянута на более длительный срок.

По условиям перевозки грузы делятся на обычные - не требующие специализированного подвижного состава; скоропортящиеся - требующие соблюдения особых санитарных и температурных режимов и другие.

Если проанализировать количество перевозимых грузов при возделывании сельскохозяйственных культур, тогда в сезонный период только на каждый гектар посева зерновых или хлопка приходится перевозить около 25 т различных грузов: 10-20 т органических удобрений, 0,5-1,0 т семян и минеральных удобрений, 2-3 т зерна, 3-4 т соломы, 2-3 т технических грузов, а при возделывании картофеля, свеклы и овощей на каждый гектар приходится перевозить органических удобрений 30-40 т, продуктов урожая 20-40 т, семян и минеральных удобрений 1-3 т.

К особенностям организации перевозок сельскохозяйственных грузов относятся: резкие сезонные колебания объема работ и большие колебания потребности транспорта по различным периодам года; различные дорожные условия и расстояния перемещения грузов; привлечение на период уборки урожая подвижного состава и обслуживающего персонала различных организаций и ведомств; срочность перевозок на период уборки урожая при наличии мелких, разбросанных на большой территории погрузочных, грузообразующих пунктов, при относительно небольшом числе приемных, грузопоглощающих пунктов; необходимость создания на период уборки урожая временных заправочных пунктов, пунктов технического обслуживания и ремонта подвижного состава, питания и отдыха водителей; осуществление транспортного обслуживания сельскохозяйственного производства собственными силами фермеров или транспортными предприятиями.

До недавнего времени основным транспортом сельского хозяйства был тракторный парк, однако в настоящее время основным видом транспорта в сельском хозяйстве является автомобильный. На его долю приходится более 70 % объема перевозок грузов. К изменению вида транспорта в Узбекистане привело увеличение объемов производства сельхозпродукций и пиковые периоды, которые требуют больше мобильности и ускоренность транспорта.

Анализируя данные по уборочным работам, можно сделать вывод, о том что основным пиковым периодом при транспортировке сельскохозяйственных грузов являются: период уборки зерновых (июнь), период уборки овоще-бахчевых культур (август), период уборки хлопка (сентябрь).

## Литература

- [1] Указ Президента Республики Узбекистан УП-4947 «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан». Народное слово. 08.02.2017 г.
- [2] Вахабов А. Результативность – главный критерий // Сельское хозяйство Узбекистана. №1, 2018. – С. 2-3 (на узбекском языке).

## ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ ЗЕРНА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ УЗБЕКИСТАНА

## Аннотация

В статье проанализированы особенности условий работы комбайнов и обслуживающих их грузовых автомобилей, применяемых при уборке зерновых культур и факторы, влияющие на их работу как единой системы в процессе уборки и транспортировки зерна.

*Ключевые слова:* уборка, зерно, транспорт, комбайн, фактор, радиус перевозки, производительность, объем, скорость движения.

В Узбекистане возделываются различные зерновые и зернобобовые культуры и объем их производства превышает более 8 млн. тонн. В сельском хозяйстве самый большой объем перевозки груза в краткие сроки приходится на период уборки зерновых.

С целью предотвращения потерь от самоосыпания и других факторов уборку урожая приходится проводить в кратчайшие сроки [1]. Это резко увеличивает нагрузку на процесс перевозки зерна и транспортные средства, используемые при этом.

В Узбекистане работы по уборке урожая зерна организованы по поточной схеме в виде "поле" + "комбайн" + "транспортное средство" + "пункт приема зерна". При этом транспортные средства для перевозки зерна составляют единую систему вместе с комбайнами и являются основным звеном в общем процессе.

В настоящее время при уборке зерна применяются зерноуборочные комбайны Кейс-2366, Доминатор-130, Нью-Холланд ТС-5060, Кейс-5580 и Дон-Вектор. До недавнего времени для транспортировки зерна применялись трактора ТТЗ-60, ТТЗ-80, МТЗ-80 и прицепы 2ПТС-4-793, 2ПТС-4-887, а также грузовые автомобили ГАЗ-53 и ЗИЛ-130 с грузоподъемностью до 4 тн. Однако с увеличением объема производства зерна и сжатости сроков уборки резко увеличилась потребность транспортных средств. Небольшой объем прицепов 2ПТС-4-793, 2ПТС-4-887 и автомобилей ГАЗ-53, ЗИЛ-130, а также низкая скорость транспортировки тракторов ТТЗ-60, ТТЗ-80, МТЗ-80 не отвечали требованиям производителей зерна по его перевозкам. Поэтому в настоящее время при перевозке зерна больше применяются грузовые автомобили нового поколения, такие как MAN, ISUZU, HOWO, SINOTRUCK и другие с большой грузоподъемностью. В результате этого достигается повышение производительности перевозки зерна.

При поточной уборке зерна работа комбайна и транспортного средства должны соответствовать друг на другу. Для этого должны учитываться факторы, влияющие на работы комбайнов и транспортных средств. В противном случае эффективность работы резко снижается.

Анализируя показатели транспортных средств и комбайнов, применяемых при уборке зерновых культур, а также условия их работы [2] нами определены следующие факторы, влияющие на работу комбайна и автотранспорта как единой системы в процессе уборки. Этими факторами являются урожайность зерна, радиус перевозки зерна, производительность комбайна (секундная пропускная способность), объем бункера комбайна, скорость работы комбайна, ширина захвата комбайна, производительность разгрузочного шнека комбайна, объем кузова транспортных средств, скорость движения транспортных средств и их грузоподъемность. Уровни варьирования вышеуказанных факторов приведены в нижеследующей таблице.

Как видно из таблицы факторы, влияющие на работу комбайна и автотранспорта как единая система изменяются в широких пределах. Из них уровни урожайности зерна изменяются от 20 до 60 ц/га и более, т.е. в 3 раза, радиус перевозки зерна от 3 до 19 км, т.е. в 6 раз, производительность комбайна от 3,0 до 13,0 кг/с, т.е. в 4 раза, объем бункера комбайна от 2,0 до 6,0 м<sup>3</sup>, т.е. в 3 раза, скорость движения комбайна от 2,0 до 8,0 км/час, т.е. в 4 раза, ширина захвата комбайна от 4,0 м до 7,0 м, т.е. около 2 раз.

### Основные факторы влияющие на работу комбайна и автотранспорта при уборке зерна

№	Наименование факторов	Уровни варьирования факторов				
		20	30	40	50	60
1	Урожайность зерна, ц/га					

2	Объёмный вес зерна, кг/м <sup>3</sup>	650	700	750	800	850
2	Радиус перевозки, км	3	7	11	15	19
3	Пропускная способность комбайна, кг/с	3,0	5,5	8,0	10,5	13,0
4	Объём бункера комбайна, м <sup>3</sup>	2	3	4	5	6
5	Скорость движения комбайна, км/час	2,0	3,6	5,0	6,5	8,0
6	Ширина захвата комбайна, м	4,0	5,0	6,0	7,0	-
7	Производительность разгрузочного шнека комбайна, т/мин	5,0	7,0	9,0	11,0	13,0
8	Объём кузова транспортных средств, м <sup>3</sup>	3,0	6,0	9,0	12,0	15,0
9	Скорость движения транспортного средства, км/час	2,0-3,0	8,0-10,0	20-30	40-50	60-70
10	Грузоподъёмность транспортных средств, т	3,0	5,0	7,0	9,0	10,0

При этом показатели транспортных средств изменяются в следующем виде. Объем кузова транспортных средств от 3,0 до 15,0 м<sup>3</sup>, т.е. 5 раз, скорость движения транспортных средств от 2,0-3,0 км/час (на поле) до 60-70 км/час, т.е. в 30-35 раз, грузоподъемность транспортного средства от 3,0 т до 10 т, т.е. более чем в 3 раза.

Кроме этого на показатели работы автомобилей влияет запыленность воздуха, которая намного превышает определенную норму во время уборки зерновых и неравномерность поверхности поля из-за наличия полевых борозд. Если при организации уборочных работ учитываются вышеприведенные факторы, тогда обеспечивается слияние работы зерноуборочного комбайна и транспортного средства.

Современные грузовые автомобили по сравнению с предыдущими имеют некоторые особенности и преимущества, которые влияют как на технические характеристики, так и на повышение комфорта, удобства в эксплуатации и обслуживании:

- вертикальная установка гидроцилиндра для подъема кузова в передней части кузова. Такое расположение гидроцилиндра имеет огромное преимущество перед расположением цилиндра в центре кузова, т.к. уменьшается нагрузка на цилиндр при подъеме кузова, вследствие чего повышаются надежность и долговечность;

- автоматическое включение вентилятора системы охлаждения двигателя;

- измененная конструкция стремянок задних рессор на верхнее расположение гаек (для протяжки стремянок, не требуется снимать колеса).

- балансирующая подвеска с V-образным реактивным рычагом. Верхние реактивные тяги (штанги) при перекосах мостов относительно рамы автомобиля работают по принципу шаровой опоры не подвергаясь изгибу и скручиванию;

- установка масляного бака гидросистемы подъема кузова на раме. Это дает большой плюс, можно, не используя подмостки и приспособления, заправлять систему маслом;

- шины многослойные с металлокордом;

- комфортная кабина установленная на 4-х опорной подвеске плавающего типа;

- стабилизаторы поперечной устойчивости. Стабилизаторы делают автомобиль более устойчивым, улучшая управляемость и безопасность;

- низкие показатели центра тяжести от уровня земли. Низкий центр тяжести дает автомобилю большую устойчивость и позволяет рационально использовать размеры машины, увеличивая ее полезную загрузку.

Вышеприведенные особенности грузовых автомобилей нового поколения расширяет возможность их применения при транспортировке зерна в сельском хозяйстве Узбекистана.

## Литература

- [1] Астанакулов К.Д. Исследование технологии и технических средств для крестьянских хозяйств Узбекистана, обеспечивающих снижение отходов при уборке зерноколосовых культур // Сборник докладов IV Международная Научная Экологическая Конференция на тему: «Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства». – Краснодар, Кубанский госагроуниверситет, 2015. – Ч. I. – с 104-107.
- [2] Очилдиев О. Исследование по адаптации зерноуборочных комбайнов при различных условиях уборки // Современные тенденции развития аграрного комплекса: материалы международной научно-практической конференции / с. Соленое Займище. ФГБНУ «ПНИИАЗ» Прикаспийск, 11-13 мая 2016 г. – С. 1157-1160.

## ПЕРЕВОД И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ДИЗЕЛЬНЫХ АВТОТРАКТОРНЫХ СРЕДСТВ НА СЖАТОМ ПРИРОДНОМ ГАЗЕ

*Базаров Б.И., д.т.н., Васидов А.Х., соискатель (Ташкентский институт по проектированию, строительству и эксплуатации автомобильных дорог)*

### Аннотация

Статья посвящена актуальным проблемам перевода и эксплуатации дизельных автотракторных средств на сжатом природном газе.

*Ключевые слова: Моторное топливо, метан, пропан, перевод и эксплуатация.*

В современном мире замена нефтяных моторных топлив на альтернативные экологически чистые топлива занимает особое место в обеспечении энергетической и экологической безопасности многих стран. Известно, что замена нефтяных моторных топлив в основном ведется за счет использования сжатого природного газа (СПГ), сжиженного пропан-бутанового газа (СПБГ), спиртов, эфиров и других заменителей [1-6].

В этой связи перевод и эксплуатация транспортных дизелей на питание природным газом имеет важное значение. Однако данный вопрос в свою очередь связан с принятием множества необходимых научно обоснованных технических, технологических и производственных решений, таких как, необходимость проведения соответствующих конструктивных и технологических изменений в базовом дизеле; учет конструктивных и эксплуатационных особенностей переоборудовываемого транспорта с дизелем; выбор надежного и доступного по цене подкапотного оборудования; учет уровня развития инфраструктуры использования СПГ в данном регионе и др.

Установлено, что практически все виды колесной техники и стационарные установки с дизелями могут быть переведены на питание только углеводородными газами, в частности, сжатым природным газом (СПГ) [3].

Поскольку данное мероприятие направлено больше на решение экологических проблем, то на питание СПГ в первую очередь переводятся городские автобусы и микроавтобусы, автомобили городских и коммунальных хозяйств, транспорт закрытых помещений и складов и др.

Особое место занимает выбор газобаллонного оборудования (ГБО). В зависимости от того, какое поколение ГБО будет использовано, будут отличаться не только характеристики газового двигателя, но и различные эксплуатационные показатели транспорта с дизелем, переведенного на питание СПГ. Использование ГБО третьего и четвертого поколений (при значительной стоимости) позволит существенно снизить расход газового топлива, удовлетворить современным экологическим требованиям и обеспечить более лучшие динамические свойства транспорта.

Выбор степени сжатия газового двигателя, создаваемого на базе соответствующего дизеля также имеет особое значение. Поскольку значение степени сжатия газового двигателя при достаточном антидетонационном свойстве – октановом числе используемого природного газа

ограничивается его температурой самовоспламенения, что, в конечном счете, отражается на тепловой нагруженности цилиндропоршневой группы и головки цилиндров [4-6].

Температура и давление в конце сжатия газового двигателя, при которых возможно воспламенение газозвушной смеси, определяется по известному закону:

$$\left. \begin{aligned} T_c &= T_a \cdot \varepsilon^{\kappa-1} \\ p_c &= p_a \cdot \varepsilon^{\kappa} \end{aligned} \right\} \text{при } T_c < T_{sc}$$

где  $T_a, p_a$  – начальные температура и давление рабочей смеси в начале сжатия;

$T_c, p_c$  – температура и давление рабочей смеси в конце сжатия;

$T_{sc}$  – температура самовоспламенения природного газа;

$\varepsilon$  – степень сжатия;

$\kappa$  – показатель адиабаты.

В этом случае предел изменения значений  $\varepsilon$  ограничивается следующими величинами:

нижний предел – значением максимальной температуры самовоспламенения бензина  $T_{bc}$ ;

верхний предел – значением максимальной температуры самовоспламенения природного газа  $T_{sc}$ .

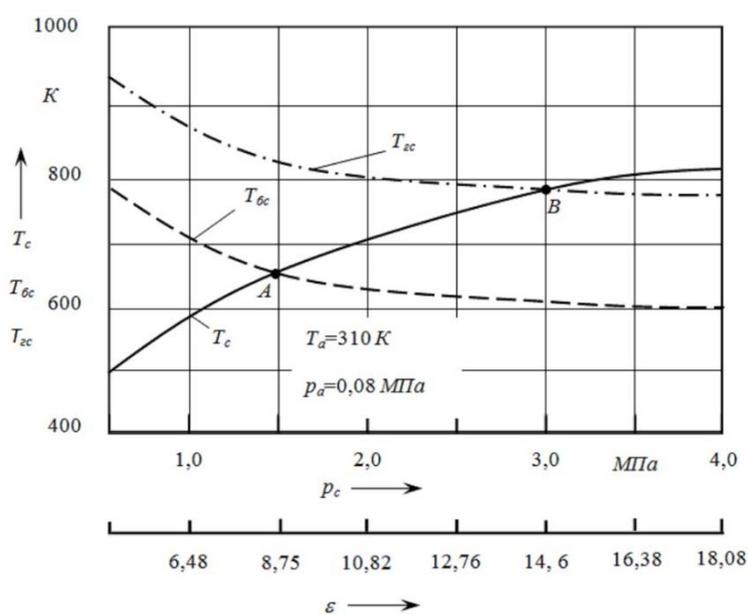


Рис. 1. Изменение температуры сжатия ( $T_c$ ), самовоспламенения газа и бензина ( $T_{sc}$ ,  $T_{bc}$ ) при различных степенях сжатия в зависимости от давления сжатия

Температура самовоспламенения бензина ( $T_{bc}$ ) и газа ( $T_{sc}$ ), а также температура рабочей смеси в конце сжатия ( $T_c$ ) в зависимости от давления в конце сжатия ( $p_c$ ) приводятся на рис. 1.

Из графика видно, что расчетные допустимые значения степени сжатия ( $\varepsilon$ ) находятся между точками  $A$  и  $B$  и составляют от 8,8 до 14,6 единиц, которые определены с учетом теории теплового самовоспламенения академика Н. Семенова.

Однако на практике действительные значения степени сжатия ( $\varepsilon$ ) должны корректироваться в зависимости от:

- требуемой эксплуатационной мощности двигателя;

- состава газозвоздушной смеси; типа и наличия системы наддува;
- типа системы зажигания;
- фазы газораспределения;
- конструкции камеры сгорания;
- размера цилиндра;
- пределов воспламенения газозвоздушной смеси и др.

Результаты сравнительных расчетов значений основных показателей различных моторных топлив приводятся в таблице 1.

Таблица 1. Основные показатели различных моторных топлив

№	Показатели	Единица измерения	Бензин	Метан	Дизельное топливо	Диметиловый эфир
1	Химическая формула	–	$C_8H_{18}$	$CH_4$	$C_{15}H_{32}$	$CH_3OCH_3$
2	Элементарный состав: С Н О	% масс.	85,5 14,4 0,1	74,57 25,03 –	86,0 13,0 1,0	52,2 13,0 34,8
3	Молекулярная масса	–	110...120	16,04	180...200	46,07
4	Плотность при 0,1 МПа, 20 °С	г/см <sup>3</sup> кг/л	0,74 (жид) 1,07 (пар)	$6,8 \cdot 10^{-4}$ 0,5 (жид)	0,85 (жид) 1,23 (пар)	0,67 (жид)
5	Октановое/цетановое число	ОЧМ/ЦЧ	91...95/–	120/–	–/45	–/55...60
6	Наиболее назначаемые степени сжатия	–	7,0...9,5	7,0...9,5* 10,0...13,0**	16,0...18,0	16,0...18,0
7	Низшая теплота сгорания	МДж/кг МДж/л	44,0 32,5	49,9 21,5 (жид)	42,5 35,1	28,9 19,4
8	Количество воздуха теоретически необходимое для полного сгорания ( $\alpha=1$ )	кг/кг м <sup>3</sup> /кг кг/кмоль м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>	14,9 12,41 0,512 –	17,3 14,40 – 9,52	14,3 13,78 0,492 –	9,9 6,7 0,276 –
9	Коэффициент избытка воздуха при максимальной мощности	–	0,85...0,95	1,05...1,15	1,30...1,50	
10	Теплота сгорания горючей смеси: при $\alpha_{g_{\min}}$ при $\alpha=1$ при $\alpha_{M_{\max}}$	МДж/кг МДж/кг МДж/кг	2,95 3,28 3,54	2,72 2,49 3,24	2,97 2,02 3,08	2,92
11	Пределы воспламеняемости	% объем. по $\alpha$	1,4...7,4 0,6...1,3	5,3...15,0 0,7...2,2	0,6...6,5 1,0...7,0	3,4...18,0
12	Минимальная температура самовоспламенения	°С	450	650	320	260
13	Температура воспламенения при	°С	400	680...700	300	235

	атмосферном давлении					
14	Температура вспышки	°C	Ниже 28	–	45...120	40...50
15	Температура кипения (сжижения)	°C	35...180	-163	180...360	-23,5
16	Теплота испарения	кДж/кг	313	–	188	1100

\* – для двухтопливных (газ-бензин) двигателей;

\*\* – для газовых двигателей на базе дизелей.

В таблице 2 приводятся обобщенные энерго-экологические показатели дизеля, переведенного на питание сжатым природным (СПГ) и сжиженным пропан-бутановым (СПБГ) газами, а также показатели двигателя с искровым зажиганием, переведенного на СПГ и СПБГ.

Таблица 2

№	Показатели	Среднее значение, %					
		Двигатели с искровым зажиганием			Дизели		
		Бензин	СПБГ	СПГ	Дизельное топливо	СПБГ	СПГ
1	Мощность максимальная	100	93 (98 <sup>1</sup> )	85 (97 <sup>1</sup> )	100	98 (100 <sup>3</sup> )	96 (100 <sup>2</sup> )
2	Соотношение $M_{max}$ К $P_{Mmax}$	100	105	112	100	102	104
3	Расход топлива:						
	– по объему	100	119	132	100	110	122
	– по теплу	100	93 (97 <sup>1</sup> )	89 (95 <sup>1</sup> )	100	98	94
4	Валовые выбросы:						
	– оксид углерода	100	34	20	100	104	106
	– углеводородов	100	58	42	100	105	107
	– окислов азота	100	100	96	100	100	100
	– сажи	–	–	–	100	–	–
	– двуокиси углерода	100	112	118	100	102	106

1 – для двигателей с инжекторной газовой системой питания;

2 – для газовых двигателей на базе дизеля;

3 – за счет форсировки двигателя по частоте вращения коленчатого вала.

## Заключение

- 1) Современные энерго-экологические проблемы автомобильного транспорта решаются преимущественно переводом их на питание экологически чистыми моторными топливами – углеводородными газообразными топливами (сжатым/сжиженным природным газом, сжиженным пропан-бутановым газом), а также диметиловым эфиром.
- 2) Выбор типа системы питания, требуемые конструктивные изменения в двигателе/транспортном средстве производится с учетом множества факторов (режим работы двигателя/транспортного средства, температура поступающей в цилиндры горючей смеси, тип и способ зажигания (воспламенения) горючей смеси, состав смеси, наличие и тип наддува и др.).
- 3) Максимальная мощность и экологические показатели газового двигателя, созданного на базе дизелей во многом зависят от принятого значения степени сжатия и возможности изменения эксплуатационного диапазона частоты вращения коленчатого вала газового двигателя, а также от элементарного состава используемого топлива – заменителя.

- 4) Подача газообразного топлива под давлением (моновпрыск или распределенный впрыск с электронным управлением) позволит получить наиболее целесообразный характер (пологий) изменения крутящего момента двигателя в широком диапазоне изменения частоты вращения коленчатого вала.

## Литература

- [1] Ерохов В.И. Легковые газобаллонные автомобили: Устройство, переоборудование, эксплуатация, ремонт. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2003. – 238 с.
- [2] Васильев Ю.Н., Гриценко А.И., Золотаревский Л. С. Транспорт на газе. – М.: Недра, 1992. – 342 с.
- [3] Базаров Б.И. Научные основы энерго-экологической эффективности использования альтернативных моторных топлив. Дис. ... докт. техн. наук. – Ташкент: ТАДИ, 2006. – 302 с.
- [4] Базаров Б.И., Калауов С.А., Васидов А.Х. Альтернативные моторные топлива. Монография. – Ташкент: SHAMSASA, 2014. – 189 с.
- [5] Anderson S., Parry I., Sallee S.M., Fisher C. Automobile Fuel Economy Standards. Impact, efficiency and alternatives. – Washington: Resources for the future. 2010, -32p.
- [6] Soltani-Sobh, A., Heaslip, K., Bosworth, R., Barnes, R. Compressed natural gas vehicles: Financially viable option?. // Transportation Research Record, 2016, 2572, pp. 28-36.

## AUTOMOBILE SAFETY IS THE STUDY AND PRACTICE OF DESIGN, CONSTRUCTION, EQUIPMENT AND REGULATION TO MINIMIZE THE OCCURRENCE AND CONSEQUENCES OF TRAFFIC COLLISIONS.

*Azizbek Zokirjonov Zokirjon o'g'li, Andijan Machine-building Institute, Uzbekistan, Andijan.*

In my point of view, giving information about how much car safety has improved since late 18<sup>th</sup> century till today is essential before explanations. As it is clear from history in the 18<sup>th</sup> century–19<sup>th</sup> century automobile safety may have become an issue almost from the beginning of mechanized road vehicle development. The second steam-powered "Fardier" (artillery tractor), created by [Nicolas-Joseph Cugnot](#) in 1771, is reported by some to have crashed into a wall during its demonstration run. However, according to Georges Ageon, the earliest mention of this occurrence dates from 1801 and it does not feature in contemporary accounts.

In the era of globalization and development, it is significant to improve automobiles safety features with sensing-danger and increasing braking power, detecting cross-traffic hazards equipment in order to prevent crashes and traffics. It is common knowledge that we all know that vintage cars, much as we love them, don't hold a candle to the crashworthiness of today's automobiles. Since the mid-1960s, automakers have been continually improving the crash safety of mainstream family cars—starting with standard-equipment seatbelts and padded dashboards, and moving all the way up to today's advanced safety systems that seek to prevent a wreck before it has chance to occur. But most of us probably don't fully realize just how much car safety has advanced in the past 20 years.

**Crumple zones.** Modern cars protect drivers and passengers in frontal, rear and offset crashes by using crumple zones to absorb crash energy. This means that the car absorbs the impact of the crash, not the driver or passengers.

**Strong occupant compartment.** The cabin of the car should keep its shape in frontal crashes to protect the driver and passenger's space. The steering column, dashboard, roof pillars, pedals and floor panels should not be pushed excessively inwards, where they are more likely to injure drivers and passengers. Doors should remain closed during a crash and should be able to be opened afterwards to assist in quick rescue, while strong roof pillars can provide extra protection in rollover crashes.

**Side impact protection.** Increased side door strength, internal padding and better seats can improve protection in side impact crashes. Most new cars have side intrusion beams or other protection

within the door structure. Some cars also have padding on the inside door panels. Increasingly, car manufacturers are installing side airbags that provide protection from severe injury. Head-protecting side airbags, such as **curtain airbags**, are highly effective in side impact and rollover crashes.

**Seat belts.** A properly worn seat belt provides good protection but does not always prevent injuries. Three-point lap/sash seat belts offer superior protection to two-point seat belts and should be installed in all seating positions. Recent improvements to seat belt effectiveness include:

- webbing clamps that stop more seat belt reeling out as it tightens on the spool
- pretensions that pull the seat belt tight before the occupant starts to move
- load limiters that manage the forces applied to the body in a crash
- seat belt warning systems to remind you if seat belts have not been fastened.

**Airbags.** Australian airbags are designed to supplement the protection provided by seat belts - they are not a substitute. The best protection in frontal crashes is achieved using a properly worn seat belt in combination with an airbag.

**Head rests.** Head rests are important safety features and should be fitted to all seats - front and back. Head rest position is critical for preventing whiplash in rear impact crashes. Whiplash is caused by the head extending backward from the torso in the initial stage of rear impact, then being thrown forward. To prevent whiplash the head rest should be at least as high as the head's centre of gravity (eye level and higher) and as close to the back of the head as possible.

## References

- [1] [Making the Death Seat Safer](#) *Popular Science* July 1950
- [2] [www.google.com](http://www.google.com)
- [3] ["American Honda safety page"](#). Corporate.honda.com. 2006-03-02. Retrieved 2011-09-20

## ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОДОРОЖНОЙ ТЕХНИКИ В УСЛОВИЯХ СУХОГО И ЖАРКОГО КЛИМАТА СРЕДНЕЙ АЗИИ

*С.Кадыров, О.Кодирова (ТИПСЭАД, Ташкент, Узбекистан)*

### Аннотация

Рассмотрены влияние различных факторов (высокая запылённость, жаркий климат, сера, цетановое число топлива и др.) на долговечность автодорожных двигателей и методы их повышения.

*Ключевые слова:* автомобили, тракторы, дорожные машины, надёжность, долговечность, ресурсе, жаркий климат, высокая запыленность, цетановое число, сера, износ.

Проблема обеспечения высокого ресурса ДВС особую значимость приобретает для Средней Азии с ее специфическими природными условиями, характеризующимися ограниченностью водных ресурсов, наличием высокогорных и пустынных областей, а также жарким климатом и большой запыленностью воздуха.

К силовым агрегатам современных транспортных средств (автомобили, дорожно-строительная техника, тракторы, сельскохозяйственные машины) предъявляются разнообразные требования со стороны эксплуатирующих организаций: надёжность и безотказность в работе, большой мото ресурс...

На автомобилях грузоподъёмностью более 6 т. и на всех дорожно-строительных машинах используются только дизели.

На территории Средней Азии условия работы машин совершенно иные, чем в равнинных районах, применительно к которым проектируются и создаются двигатели.

В Средней Азии транспортные установки эксплуатируются в условиях высоких температур, интенсивной солнечной радиации, низкой относительной влажности воздуха, большой запыленности атмосферы и дорожных покрытий, недостатка или повышенной жесткости воды, низкого атмосферного давления, характерного для высокогорных районов. Все это отрицательно сказывается на показателях работы, стоимости эксплуатации двигателей и, самое главное, на их надежности и долговечности.

Основными показателями надежности машин являются их ресурс и срок службы.

*Ресурс* характеризует наработку до состояния, при котором дальнейшая эксплуатация объекта невозможна.

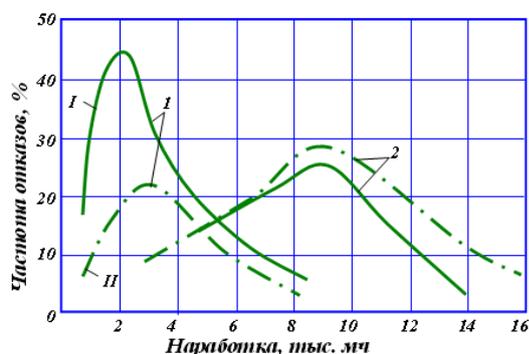
Долговечность машин в целом определяется долговечностью ее узлов и деталей, зависящей от конструкции, технологии, физико-химических свойств материалов, из которых они выполнены, а также от условий эксплуатации.

Наработка для бензиновых двигателей измеряется километрами пробега автомобиля, а для дизельных двигателей — мото часами.

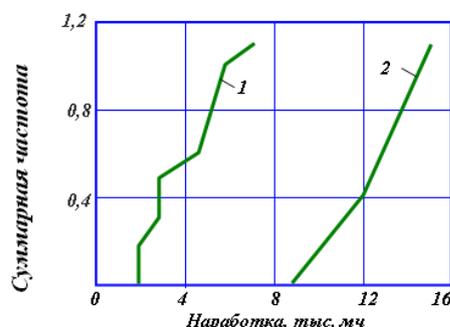
Однако особенности долговечности автотракторных двигателей необходимо рассмотреть с точки зрения видов износа, условий эксплуатации, при которых протекает износ деталей.

Ухудшение показателей надежности в 2—2,5 раза против показаний на машиноиспытательной станции объясняется низким уровнем квалификации обслуживающего персонала, несоблюдением инструкции по техническому обслуживанию, низким уровнем диагностики и контроля за состоянием двигателей, а также влиянием эксплуатационных факторов (например, высокая температура и запыленность воздуха).

На рис.1 и 2 представлено распределение ресурса сопряжения гильза-поршень двигателей Д-54, СМД-14 и Д-37М в разных условиях эксплуатации. Под нормальной эксплуатацией понимается использование двигателя при строгом соблюдении инструкций технического обслуживания и контроля.



**Рис.1. Распределение ресурса сопряжения гильза-поршень двигателей Д-54 и СМД-14:**  
1-рядовая и 2-нормальная эксплуатация; I - Д-54, II - СМД-14



**Рис.2. Ресурс двигателя Д-37 М до капитального ремонта:**  
1-рядовая и 2-нормальная эксплуатация

Например, по данным машиноиспытательных станций средняя наработка на отказ двигателей АО1М и А-41 составляет от 90 до 350 мото часов. На эту величину влияет напряженность эксплуатации, связанная с периодом сельскохозяйственных работ.

Основные детали двигателя выходят из строя из-за предельного изнашивания.

Износ деталей ограничивает долговечность двигателя, что вызывает:

1. Уменьшение КПД (механического и эффективного), наглядным примером чего является сравнение нагрузочной характеристики изношенного и нового двигателей (рис.3). Резкое различие характеристик объясняется износом пары поршень-цилиндр, профиля кулачка распределительного вала, увеличением утечки газов через уплотнительные кольца, изменением характеристик распыливания топлива в дизелях, повышением мощности, идущей на преодоление возросших сил трения в сопряженных парах, и т. д.
2. Снижение прочности деталей двигателя из-за уменьшения сечений, неравномерного износа опор коленчатого и распределительного валов, возрастания динамических нагрузок в зубьях шестерен маслонасоса, в приводе распределительного вала, в шатунных подшипниках, а также из-за усталости материала детали и т. д.
3. Возрастание вибрационных износов и шума работы двигателя из-за увеличения зазоров в сопряжениях.

Для деталей двигателя наиболее характерны следующие виды изнашивания:

*Механические*, из которых главным является абразивное, т.е. изнашивание твердыми посторонними абразивными частицами.

*Молекулярно-механическое*, которое происходит при схватывании или заедании деталей.

*Коррозионно-механическое*, характеризуемое стиранием продуктов коррозии механическим путем. Износостойкость во многом предопределяет долговечность двигателя.

На износостойкость существенно влияют скоростной и нагрузочный режимы работы двигателя, которые при эксплуатации автомобилей и тракторов изменяются в самых широких пределах.

Таким образом, долговечность автотракторных двигателей зависит от множества факторов..

### Влияние на долговечность двигателя условий эксплуатации.

К условиям эксплуатации автотракторных двигателей относятся температура при пуске, тепловой режим работы и качество технического обслуживания всех систем двигателя.

**Условия при пуске.** Доказано, что при работе двигателя с температурой охлаждающей жидкости 30°C износ в 6,5 раз больше, чем при температуре 85°C (рис. 4).

**Тепловой режим.** При температуре охлаждающей жидкости более 85-90°C наблюдается наиболее интенсивная электрохимическая коррозия. При этом температура стенок цилиндра и других деталей достигает 140°C и выше.

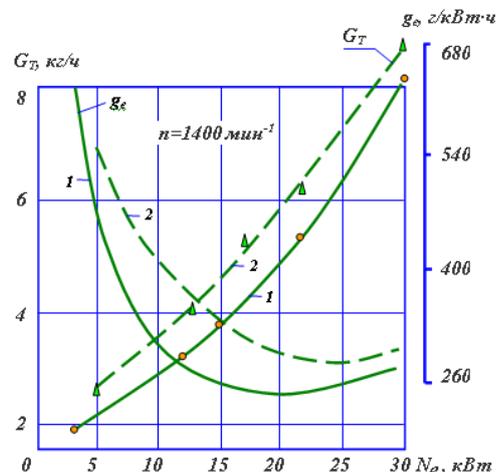


Рис.3. Совмещённые нагрузочные характеристики нового (1) и изношенного (2) двигателя Д-(37Е)

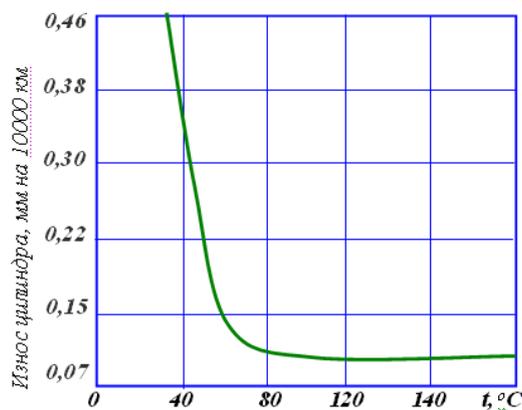
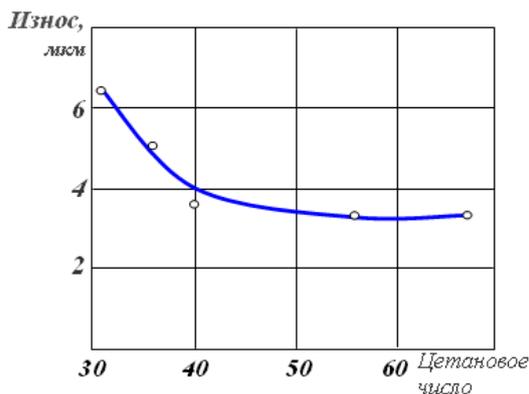
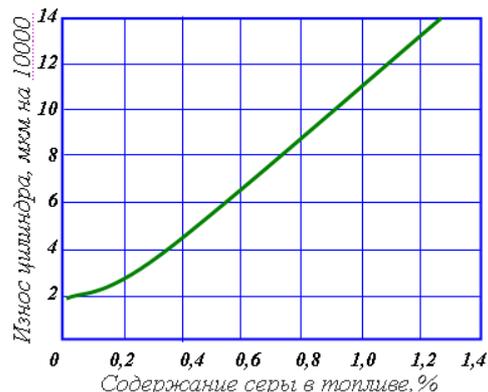


Рис.4. Износ цилиндра в зависимости от температуры охлаждающей жидкости



**Рис. 5. Износ цилиндра в зависимости от цетанового числа топлива**



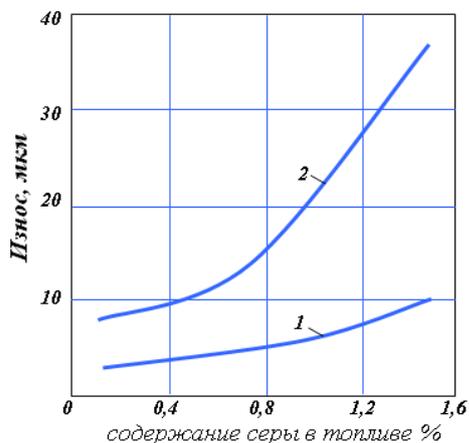
**Рис. 6. Износ цилиндра в зависимости от содержания серы в топливе**

На долговечность двигателя влияет цетановое число дизельного топлива и содержание серы.

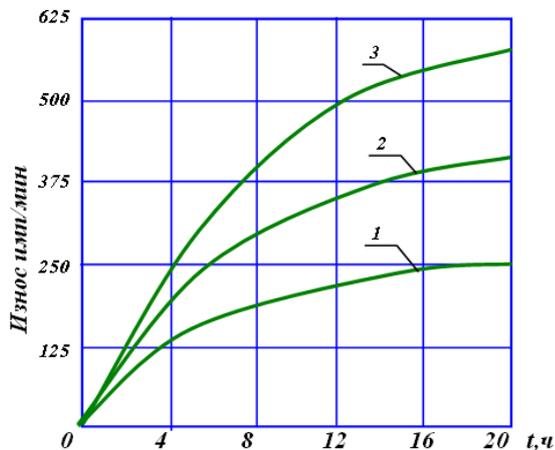
Из рис. 5 видно, что износ верхнего пояса цилиндра при цетановом числе 31 почти в 2 раза больше износа при цетановом числе 68. Это объясняется тем, что в первом случае резко возрастают динамические показатели рабочего процесса.

Наличие серы в топливе также способствует интенсификации износа (рис.6).

Чем ниже температура, тем интенсивнее коррозия. Следовательно, в эксплуатации при частичной нагрузке двигателя, когда наблюдается переохлаждение цилиндров, износ их наиболее интенсивен (рис.7).



**Рис. 7. Износ цилиндра дизеля Д-54 в зависимости от содержания серы в топливе:**  
 1-при температуре воды 75-80 °C;  
 2-при температуре воды 33-35 °C



**Рис.8. Износ плунжерной пары топливного насоса в зависимости от содержания серы в топливе:**  
 S= 0,15%; 2. S= 1,25 % (без меркаптанов); 3. S=1% (в том числе 0,025% меркаптанов).

Присутствие серы в масле способствует также нагарообразованию и старению масла, а также усилению износа (рис. 8).

Применение совершенных фильтрующих элементов в воздухоочистителях снижает скорость изнашивания поршневых колец на двигателях типа Д-37 и Д-50 в 3 раза.

## Литература

- [1] Кадыров С.М., Мухамеджанов Ш.Ш. Высокий ресурс двигателей. Как его обеспечить? Т., «CHASHMA PRINT», 2007 г. 15 пл.
- [2] С.М.Кадыров, Долговечность автотракторных дизелей в условиях Средней Азии. Т., «Укитувчи» 1982 г. 21 пл.

# ОСОБЕННОСТИ ИЗНАШИВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

*С.М.Кадиоров, О.Г.Эргашев (ТИПСЭАД, Ташкент, Узбекистан)*

## Аннотация

Износ деталей ЦПГ имеет решающее значение при оценке показателей дизельного двигателя. В условиях Средней Азии основным видом износа деталей двигателя является абразивный износ. В результате мощностные, экономические и экологические показатели резко ухудшаются. Это требует дополнительных эксплуатационных расходов.

*Ключевые слова: дизельный двигатель, цилиндро поршневая группа, гильза, кольца, кулачки, абразивный износ, запыленность воздуха, газораспределительный механизм, коэффициент очистки.*

## 1. Износы ЦПГ

В ЦПГ входят следующие детали: цилиндр (гильза цилиндра), поршень, палец, втулка и поршневые кольца. Износ этих деталей зависит от многих взаимосвязанных факторов.

*К первой группе* факторов относятся условия, при которых происходит работа сопряжения: давление и температура в цилиндре; вязкость, загрязненность и устойчивость смазки; состав горючей смеси, чистота топлива и всасываемого воздуха; тепловой, нагрузочный и скоростной режимы работы двигателя и некоторые другие.

*Ко второй группе* - конструктивные особенности рассматриваемой системы: материал, размер, форма, точность и чистота обработки поверхностей трущихся деталей...

*К третьей группе* - эксплуатационные факторы...

Эти факторы изменяются в процессе наработки в связи с ростом износов деталей ЦПГ.

Проведенные исследования свидетельствуют о сложности условий эксплуатации деталей ЦПГ. Обилие факторов, влияющих на износ ЦПГ, затрудняет выделение из них наиболее важных. Ведущими видами износа цилиндров двигателей являются абразивный и схватывание. Чтобы повысить срок службы цилиндров, необходимо раскрыть механизм их изнашивания и применить обоснованные конструкторские, технологические и эксплуатационные средства защиты.

Разрушение масляной пленки в результате действия высоких температур, разжижение ее рабочей смесью и окисление, а также соприкосновение шероховатостей трущихся поверхностей в присутствии абразивов содействуют более интенсивному изнашиванию поверхностей трения

**Абразивный износ** деталей в современных автомобильных и особенно тракторных двигателях — наиболее распространенный вид износа.

Один из важных факторов, способствующих изнашиванию деталей автотракторных двигателей, — недостаточная очистка воздуха, поступающего в цилиндры.

Проба воздуха, взятая на уровне заборной трубы воздухоочистителя трактора ДТ-54 при культивации содержала 56% пыли с частицами диаметром до 20 мкм, 35% — с диаметром 20—40 мкм и только 9% — с диаметром 40 мкм и больше.

Коэффициент очистки воздухоочистителей составляет около 99%, достигая в лучшем случае 99,5—99,7%.

При запыленности воздуха  $0,1 \text{ г/м}^3$  (работа трактора при культивации) и расходе воздуха в двигателе  $250 \text{ м}^3/\text{ч}$ , через воздухоочиститель с коэффициентом очистки 99,7% в двигатель поступит  $0,075 \text{ г}$  пыли в час, вызывая его форсированный износ. При дальнейшем же увеличении  $\varepsilon_n$  наблюдается быстрый рост скорости изнашивания (рис. 1).

Таблица 1

Средняя запыленность воздуха у воздухозаборника для различных машин

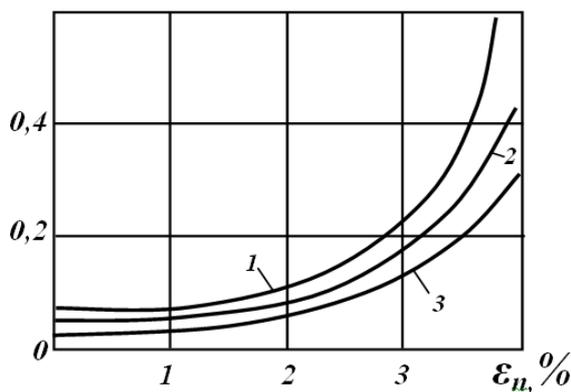
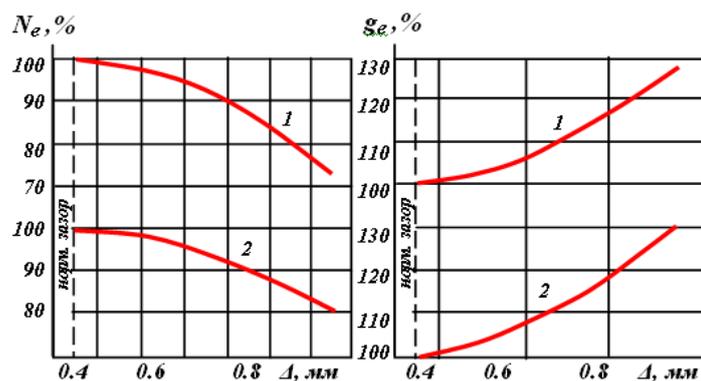


Рис. 1. Влияние коэффициента пропуска воздухоочистителя на износ поршневых колец: 1 — первое кольцо; 2 — второе кольцо; 3 — третье кольцо

Машины	
<b>Бульдозеры:</b>	
Д-535	0,412
Д-271	0,780
Д-661	0,482
ДЗ-35	1,137
ДЗ-74	0,593
Д-541	0,464
<b>Погрузчики:</b>	
Д-660	0,440
Д-691	0,750
<b>Автогрейдеры:</b>	
Д-144	0,261
Д-598	0,219
Прицепные грейдеры	0,305
Корчеватели	0,307
Пневмокотки	0,232
Тракторы К-700, используемые в качестве тягачей с самосвальными тележками	0,262
Пневмоколесные краны К-161	0,042
Хлопкоуборочные машины	3,5
Пахотные тракторы Т- 4А, ДТ-75	5,0—5,5

На рис. 2 показан характер износа цилиндра по высоте для двигателя Д-37Е за 6000 мч работы в условиях нормальной эксплуатации при средней загрузке 65,8%. При этом среднеарифметическая величина износа колеблется в пределах 43—64 мкм, а среднеарифметическая величина максимального износа по цилиндру в верхнем рабочем поясе составляет 78 мкм.



**Рис. 2. Влияние величины износа профиля кулачка на мощностные и экономические показатели дизеля:**  
**1 -  $n = 1750 \text{ мин}^{-1}$ ; 2 -  $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$**

**Поршневые кольца.** Работоспособность поршневых колец, их безотказность во многом определяют надежность двигателя. Основными функциями поршневых колец являются уплотнение поршня в цилиндре, передача тепла от поршня к цилиндру, маслораспределение и маслорегулирование.

Износ маслосъемных колец существенно ниже, чем компрессионных, однако он приводит к повышенному расходу масла.

Износостойкость деталей ЦПГ в значительной мере зависит от материала деталей, а именно от структуры и физико-механических свойств металлов (сплавов). Наиболее эффективна поверхностная закалка токами высокой частоты на глубину от 1,5 до 2,5 мм.

Снижение интенсивности истирания ЦПГ достигается также с помощью специальных покрытий.

При высокой температуре и большой запыленности воздуха усиленному абразивному износу подвержены также прецизионные детали ТПА, шатунные и коренные шейки и вкладыши, а также детали механизма газораспределения. Быстро изнашиваются и сальниковые уплотнения. В связи с этим износостойкость двигателей в условиях Средней Азии приобретает первостепенное значение и требует проведения специальных исследований.

## 2. Износы Газораспределительного Механизма

Газораспределительный механизм состоит из следующих основных деталей: распределительного вала и подшипников (втулок), толкателя, пружины, клапана, тарелки клапана, втулок, седла к другим.

Наибольший износ газораспределительного механизма приходится на кулачок распределительного вала, на котором четко выделяются зоны, наиболее подверженные износам: часть профиля кулачка, соответствующая набеганию и сбеганию толкателя, и его вершина. Силы, действующие при работе на профиль кулачка, складываются из сил сопротивления пружины, инерции элементов привода клапана и давления газов.

Газораспределительный механизм имеет тепловой зазор, уменьшение или увеличение которого приводит к изменению воздействия на кулачок, а также эффективности и экономичности работы двигателя. Детали газораспределительного механизма работают при высоких нагрузках и температурах. Температура находится в прямой зависимости от нагрузки.

Ударная нагрузка на клапан и седло зависит от величины теплового зазора между торцом клапана и носком коромысла, от зазора между направляющей втулкой и стержнем клапана, а также от состояния сопрягаемых поверхностей. Ударная нагрузка на фаску при посадке клапана достигает 10—120 МПа в зависимости от ее ширины и величины теплового зазора.

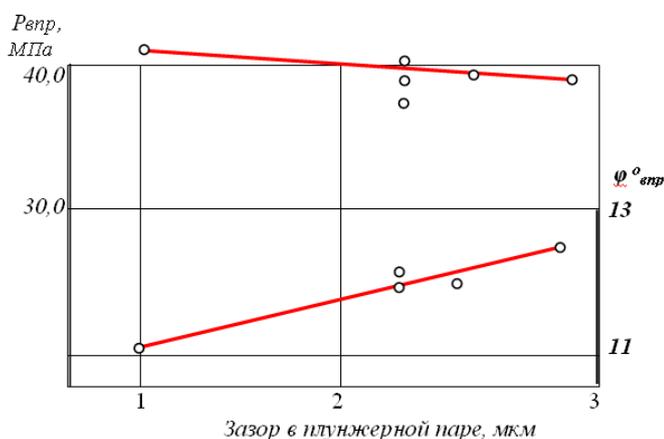
Наиболее эффективная форма профиля кулачка при оптимальном тепловом зазоре обеспечивает заданные фазы закрытия и открытия клапанов и расчетную динамику движения

деталей распределительного механизма. При этом должно быть обеспечено требуемое качество наполнения цилиндров воздухом и смесеобразования.

Износ профилей кулачков распределительного вала вызывает не соответствие фаз газораспределения скоростному режиму работы двигателя и уменьшению средних проходных сечений клапанов. Следствием этого является возрастание потерь в системах впуска и выпуска, снижение наполнения и ухудшение очистки цилиндров от отработавших газов, т. е. снижается мощность и экономичность работы двигателя. На рис.2 представлен график изменения мощности и экономичности дизеля в зависимости от износа профиля кулачка.

### 3. Износы Деталей ТПА

Надежность и долговечность дизелей во многом предопределяются работой ТПА, имеющей прецизионные пары, которые изготавливаются с очень высокой точностью и чистой поверхностью. Ча топлива осуществляется с помощью топливного насоса, имеющего прецизионные сопряжения (плунжер- втулка, седло-клапан, игла-корпус распылителя.) В процессе эксплуатации сопрягаемые поверхности плунжера и втулки изнашиваются, зазор между ними увеличивается, гидравлическая плотность падает, а характеристики впрыска топлива и смесеобразования ухудшаются (рис. 3). В результате снижаются эффективные и экономические показатели работы двигателя.



**Рис. 3. Изменение параметров впрыска в зависимости от зазора в плунжерных парах:  $n_k = 850 \text{ мин}^{-1}$ ;  $q_k = 105 \text{ м}^3/\text{ц}$**

Наибольший износ наблюдается на участках плунжера со стороны отсечной кромки и наполнительного отверстия (рис. 4).

Таким образом, износные явления, наблюдающиеся при работе прецизионных деталей ТПА дизелей, представляют собой сложный процесс, зависящий не только от конструктивных и технологических, но и от эксплуатационных факторов.

#### Литература:

- [1] С.М.Кадыров, Ш.Ш.Мухамеджанов. Высокий ресурс двигателя. Как его обеспечить? Т., «CHASHMA PRINT». 2007 г. 15 п.л.
- [2] С.М.Кадыров, Долговечность автотракторных дизелей в условиях Средней Азии. Т., «Укитувчи» 1982 г. 21 п.л.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДОРОЖНЫХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

Касымходжаев Б.К. (УП "Йул лойиха экспертиза"), Мухитдинов А.А. проф., д.т.н. (ТИПСЭАД); Халмухамедов А.С. доц., д.т.н. (УП "Йул лойиха экспертиза")

#### Аннотация

Публикуются методика и результаты исследования основных показателей дорожных условий эксплуатации автотранспортных средств - коэффициента сцепления, ровности дорожного покрытия, модуля упругости, интенсивности движения транспортного потока автомобильных дорог международного значения М34, М39, А373, А373а.

*Ключевые слова: дорожные условия эксплуатации автотранспортных средств; коэффициент сцепления; ровность дорожного покрытия; модуль упругости; интенсивность движения транспортного потока; автомобильные дороги международного значения.*

Автодорожный комплекс объективно отражает сущность эффективного перевозочного процесса, осуществляемого транспортными средствами по автомобильным дорогам. Он подчеркивает равнозначность вклада транспортных средств и дорог в единый перевозочный процесс. Эффективное функционирование экономики государства жестко зависит от наличия развитой и надежно работающей сети автомобильных дорог. Страны с развитой экономикой, которые в основном завершили создание национальной сети дорог, продолжают вкладывать средства в дорожное хозяйство, что стимулирует развитие отраслей промышленности, сельского хозяйства, торговли и др. Их развитие и эффективное функционирование возможны лишь при сбалансированном развитии автодорожного комплекса страны, автомобильного транспорта и дорожной инфраструктуры. Взаимодействие этих компонентов единой экономической системы определяется техническими характеристиками автомобильного транспорта и транспортно-эксплуатационными показателями автомобильных дорог. В условиях формирования рыночных механизмов хозяйствования развитие методов оптимальной организации управления функционированием автодорожного комплекса является важной задачей народного хозяйства страны. Для обеспечения состояния дорог, отвечающего требованиям как современного, так и перспективного автомобильного движения, потребуется дальнейший рост капиталовложений, включая инвестиции. Управление состоянием сети автомобильных дорог сводится к определению такого набора регулирующих воздействий на дорожные условия, которые позволяют минимизировать издержки в автотранспортном комплексе.

Автомобиль является неотъемлемой частью системы «автомобиль – водитель – дорога – среда», и его свойства проявляются во взаимодействии с элементами этой системой. Поэтому значимость определенного эксплуатационного свойства в оценке качества или эффективности применения автомобиля зависит от условий, в которых это свойство проявляется, т.е. от условий эксплуатации [2].

Под условиями эксплуатации следует понимать совокупность факторов внешней среды, оказывающих влияние на автомобиль в процессе его эксплуатации.

Условия эксплуатации автомобилей можно разделить на четыре основные группы факторов: дорожные, транспортные, природно-климатические и культура эксплуатации. Каждая из этих групп характеризуется определенными факторами.

Дорожные условия эксплуатации оказывают значительное влияние на технические параметры, конструкцию и эксплуатационные свойства автомобилей. Так, например, автор работы [1] отмечает, что дорожные условия представляют собой важнейший фактор внешней среды, в значительной мере определяющий все основные показатели эксплуатационных свойств автотранспортных средств: динамичность, топливную экономичность, плавность хода и др.

Без исследования технического уровня и эксплуатационного состояния существующих дорог нельзя решить задачу повышения эффективности работы всего автомобильного транспорта.

Унитарным предприятием «Йул лойиха экспертиза» проведено исследование дорожных условий эксплуатации - технико-эксплуатационных показателей автомобильных дорог международного значения М34, М39, А373, А373а. Исследование автомобильных дорог проводилось с помощью передвижной дорожной лаборатории, оснащенной современным программноизмерительным комплексом дорожно-диагностической аппаратуры (далее - ПДЛ «ТРАССА») (рис. 1).

В статье приведены результаты исследования дорожных условий эксплуатации основных транспортно-эксплуатационных показателей автомобильной дороги при междугородних

перевозках: коэффициента сцепления; ровности покрытия дорожной одежды; модуля упругости автомобильной дороги; интенсивности движения.



Рис. 1. Комплексная дорожная лаборатория «Трасса» УП «Йул лойиха экспертиза»

Результаты определения коэффициента сцепления на автомобильных дорогах М34, М39, А373, А373а представлены на рис. 2 и табл 1.

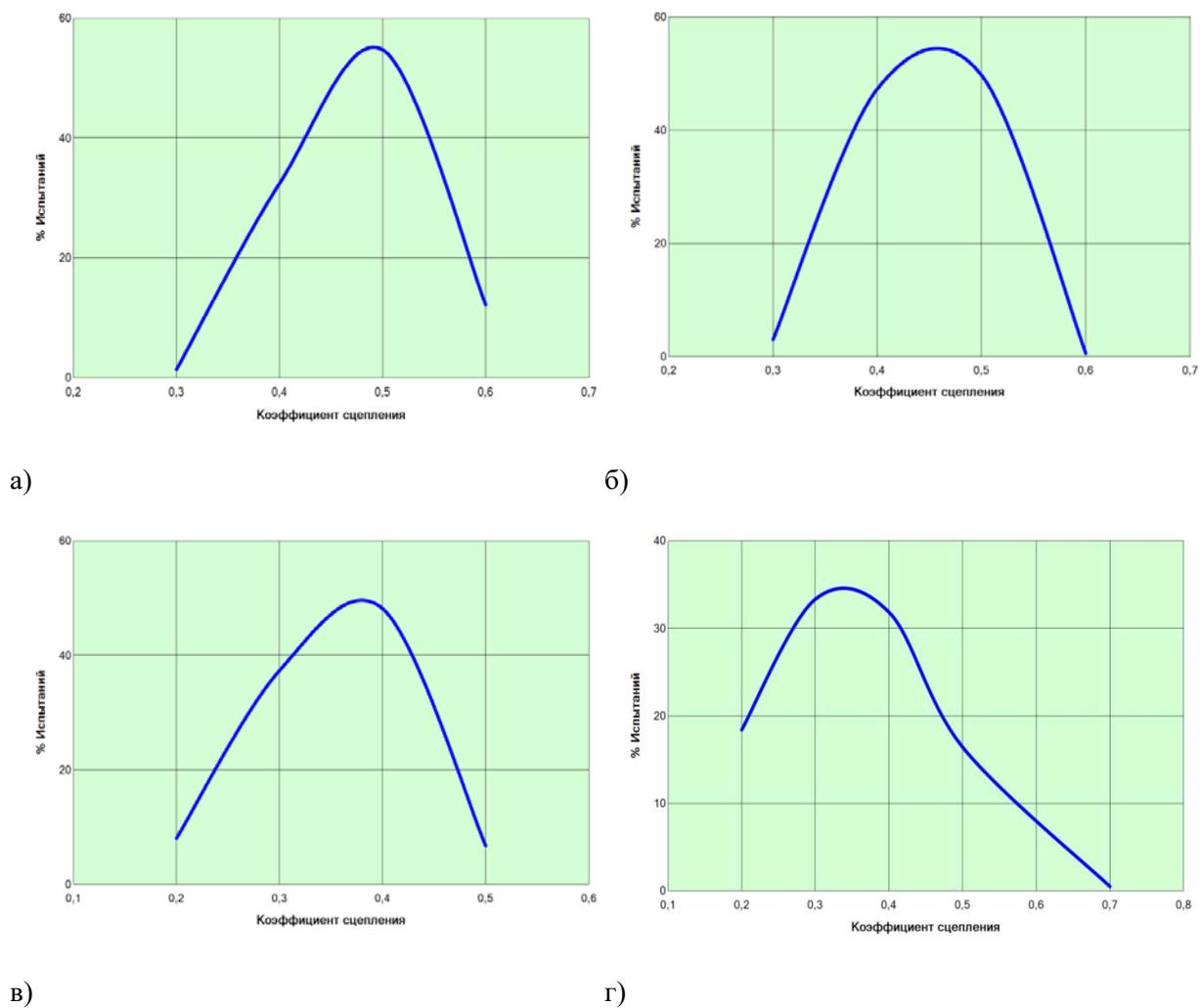


Рис. 2. Коэффициент сцепления на автодороге: а - М-34; б - М-39; в - А-373; г - А-373а

Таблица 1.

Сводные данные по обследованию коэффициента сцепления автомобильных дорог международ-

ного значения М34, М39, А373, А373а

Дорога	Участок	Предельно допустимые показатели коэффициента сцепления для эксплуатируемых автомобильных дорог	Среднее значение показатели коэффициента сцепления	Доля маршрута, где зафиксированы недопустимые значения ровности, %
М34	22-70 км	0,45	0,48	31
М39	817-871 км	0,45	0,45	37
А373	120-181 км	0,45	0,35	89
А373а	0-42 км	0,45	0,35	82

Результаты определения ровности дорожного покрытия на автомобильных дорогах М34, М39, А373, А373а представлены на рис. 3 и табл. 2.

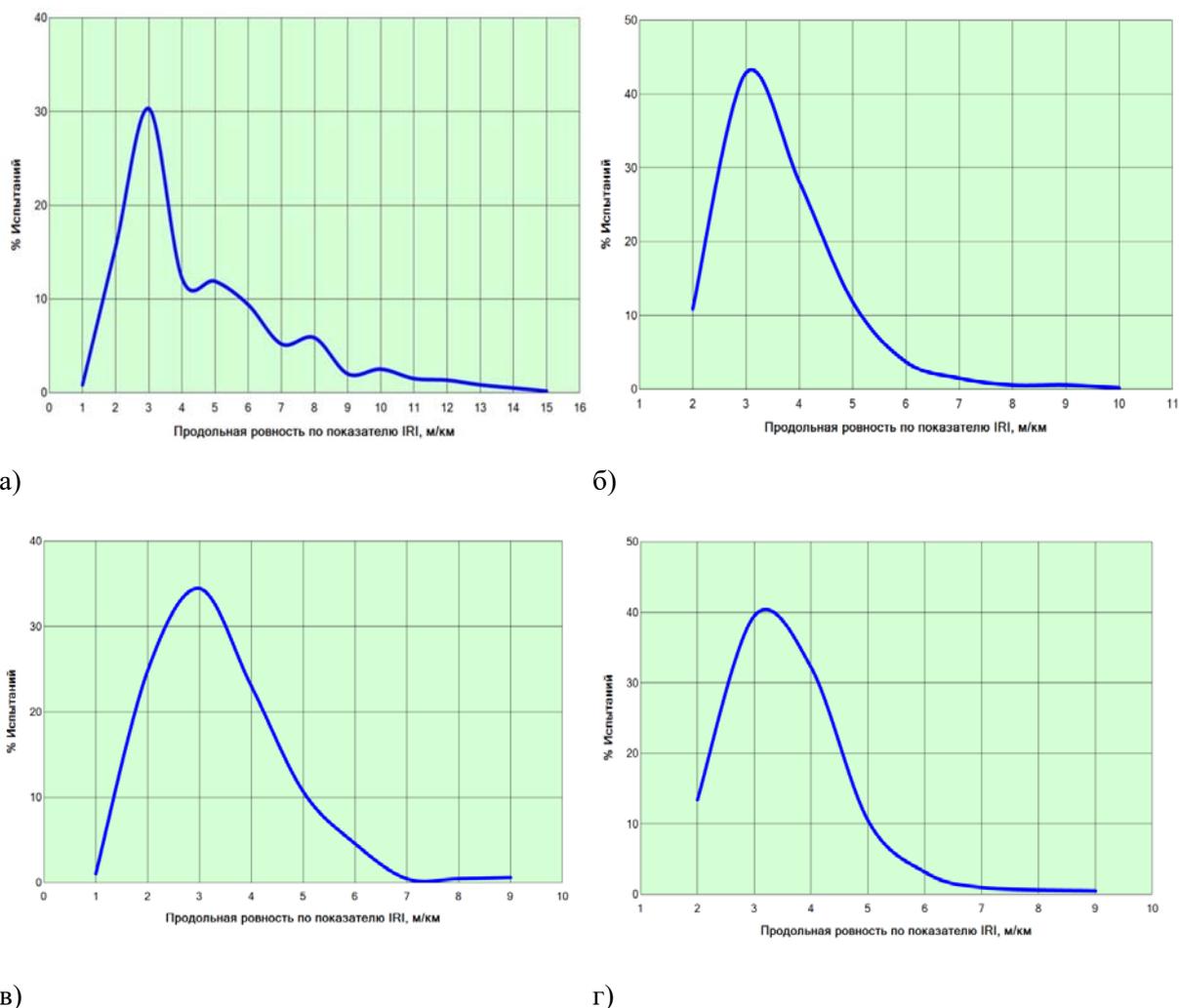


Рис. 3. Ровность дорожного покрытия на автодороге: а - М-34; б - М-39; в - А-373; г - А-373а

Таблица 2.

Сводные данные по обследованию ровности дорожного покрытия автомобильных дорог международного значения М34, М39, А373, А373а

Дорога	Участок	Предельно допустимые показатели продольной ровности по показателю IRI при эксплуатации, м/км	Среднее значение показателя продольной ровности по	Доля маршрута, где зафиксированы недопустимые значения продольной

			показателю IRI, м/км	ровности по показателю IRI, %
М34	22-70 км	3	4,66	67
М39	817-871 км	3	3,67	70
А373	120-181 км	3	3,37	55
А373а	0-42 км	3	3,56	68

Результаты определения прочности дорожной одежды на автомобильных дорогах М34, М39, А373, А373а представлены на рис. 4 и табл 3.

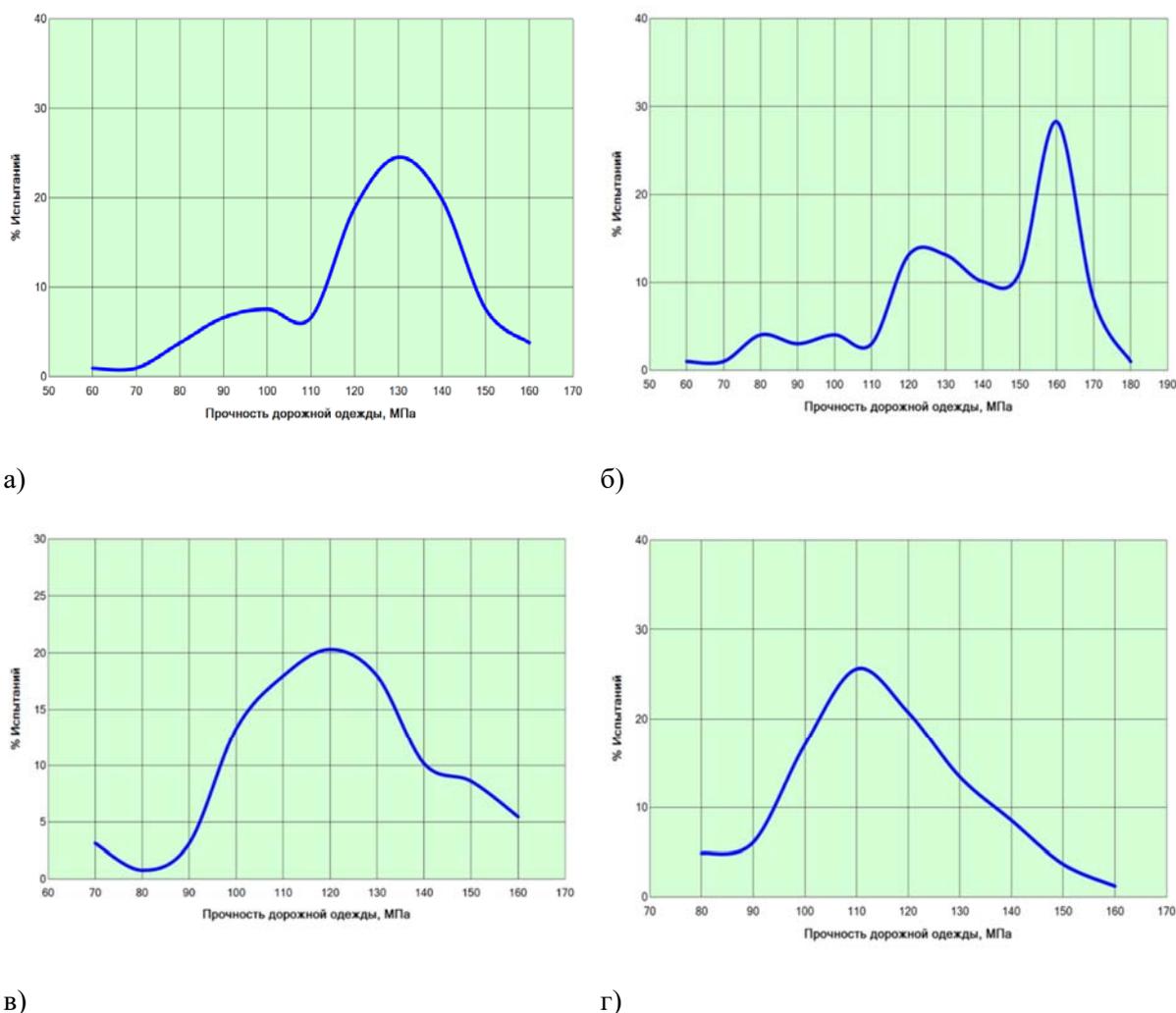


Рис. 4. Прочность дорожной одежды на автодороге : а - М-34; б - М-39; в - А-373; г - А-373а

Таблица 3.

Сводные данные по обследованию модуля упругости автомобильных дорог международного значения М34, М39, А373, А373а

Дорога	Участок	Требуемый показатель модуля упругости дорожной одежды, МПа	Среднее значение показателя модуля упругости дорожной одежды, МПа	Доля маршрута, где зафиксированы недопустимые значения показателя модуля упругости дорожной одежды, %
М34	22-70 км	230	123,05	100

М39	817-871 км	230	137,32	100
А373	120-181 км	230	121,58	100
А373а	0-42 км	230	115,81	100

Результаты определения среднесуточной интенсивности, и среднесуточной интенсивности, приведенной к легковому автомобилю автомобильных дорогах М34, М39, А373, А373а представлены на табл 4.

Таблица 4.

*Сводные данные по обследованию интенсивности движения автомобильных дорог международного значения М34, М39, А373, А373а*

Дорога	Расчетная интенсивность движения, приведенная, ед./сут.	Прогнозируемая среднесуточная интенсивность	Интенсивность, приведённая к легковому автомобилю
М34	св. 14000	37676	45289
М39	св. 14000	61978	75979
А373	св. 14000	29818	34466
А373а	св. 14000	30024	34835

Анализ результатов исследования дорожных условий эксплуатации основных транспортно-эксплуатационных показателей автомобильной дороги при междугородних перевозках: коэффициента сцепления; ровности покрытия дорожной одежды; модуля упругости автомобильной дороги показали устойчивую тенденцию к отклонению от нормы.

#### **Заключение.**

Работа грузового автотранспорта при перевозках характеризуется рядом технико-экономических показателей, такими как скорость движения, производительность, себестоимость перевозок, которые, в свою очередь, зависят от состояния дороги (ровность покрытия, наличие деформаций), т. е. ее качества.

Важным показателям перевозки грузов является себестоимость перевозки грузов.

Чем выше качество дороги, тем выше скорость движения, производительность автомобилей (автопоездов), а себестоимость перевозки уменьшается.

Влияние дорожных условий эксплуатации ровности на показатели работы автотранспорта выражается в дополнительном увеличении затрат мощности на преодоление неровности, снижение скорости движения и производительности транспорта, увеличение расхода топлива и себестоимости вывозки.

Качественными показателями оценки транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог являются результаты инструментальных измерений таких транспортно-эксплуатационных параметров автомобильных дорог (ТЭП АД), как коэффициент сцепления колеса автомобиля с покрытием, ровность покрытия, упругий прогиб дорожной одежды, интенсивность движения. Измеренные параметры определяют работоспособность автомобильной дороги как инженерного сооружения, и эффективность эксплуатируемого на ней автотранспорта.

Анализ полученных результатов экспериментальных исследований показывает что основные технико-эксплуатационные показатели автомобильных дорог не соответствуют нормативным, а значит, автотранспортные средства эксплуатируемые на этих дорогах не полностью реализуют свои свойства что приводит к снижению эффективности использования как автомобильного транспорта так и всего автодорожного комплекса страны в целом.

Для решения задачи повышения эффективности работы автомобильного транспорта необходимо исследование дорожных условий эксплуатации. Это позволяет определить влияние дорожных условий эксплуатации на производительность автотранспорта при перевозке грузов и изменение себестоимости перевозки.

## Литература

- [1] Андреева Н.А. Натурное измерение интенсивности движения на автомобильных дорогах Кемеровской области [Текст] / Н.А. Андреева, А.С. Березин, Л.С. Жданов, и др. // Вестник Кузбасского государственного технического университета. - 2005. - № 2. - С. 130 - 135, 158.
- [2] Анохин Б.Б. Создание автоматизированного учета на федеральных автомобильных дорогах [Текст] / Б. Б. Анохин, Б. М. Волинский // Дороги России XXI века. - 2003. - № 5. - С. 63 - 64.
- [3] Ганзин С.В., Шустов А.В., Шакуров Д.Д. Оценка ровности дорожного покрытия на улицах г. Волгограда по условиям обеспечения БДД // Материалы науч.-техн. конф. «Проблемы строительства, ремонта и содержания автомобильных дорог юга Российской Федерации и пути их решения», 3-15 окт. 2009 г. Волгоград: Волгогр. гос. техн. ун-т, 2009.
- [4] Евтюков, С.А. Расследование и экспертиза дорожно-транспортных происшествий / С.А. Евтюков, Я.В. Васильев. — СПб.: ООО «Издательство ДНК», 2012. — 288 с.
- [5] Комаров Ю.Я., Ганзин С.В., Шустов А.В. К вопросу оценки ровности дорожного покрытия по критериям динамической прочности автотранспортных средств // Известия ВГТУ: сб. науч. тр. 2010. Серия «Наземные транспортные системы».
- [6] Корочкин А.В. Расчет жесткой дорожной одежды с учетом воздействия движущегося транспортного средства // Наука и техника в дорожной отрасли.- 2011.- № 2. - С.8 - 9.
- [7] Статистический аналитический сборник. Федеральные дороги России. Транспортно-эксплуатационные качества и безопасность дорожного движения. – М. : Федеральное дорожное агентство. 2011. – 176 с.
- [8] СТО МАДИ 020665 17.1-2006. ДОРОГИ АВТОМОБИЛЬНЫЕ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ. ДИАГНОСТИКА. Определение продольного микропрофиля дорожной поверхности и международного показателя ровности IRI. Общие требования и порядок проведения.

## ВНЕДРЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ - ВАЖНЕЙШЕЕ НАПРАВЛЕНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТНОГО СЕКТОРА

*Канд.техн. наук, доц. Г.Х.Турсунова, НПЦ «Узавтотранстехника», г. Ташкент, Узбекистан.*

### Аннотация

Приводится анализ использования интеллектуальных транспортных систем в мире. Рассматриваются транспортные проблемы больших городов. Предлагается в качестве основной идеи при разработке долгосрочной концепции инновационного развития транспорта Узбекистана использовать интеллектуальные транспортные системы для повышения качества автотранспортных услуг, повышения конкурентоспособности системы автомобильного транспорта страны, усиления инновационной, социальной и экологической направленности развития автотранспортной отрасли.

*Ключевые слова: транспортная система, интеллектуальная транспортная система, концепция развития.*

Развитие единого экономического пространства страны во многом зависит от степени развитости транспортной инфраструктуры каждой области, каждого района. Значительная роль в общей транспортной системе принадлежит по праву автомобильному транспорту. При этом высокий уровень автотранспортного обслуживания определяется скоростью, своевременностью, предсказуемостью, ритмичностью, доступностью и безопасностью функционирования всей автотранспортной системы и каждого из ее элементов.

В этой связи особенно актуальной является необходимость сбалансированного развития системы автомобильного транспорта в регионах и усиления взаимодействия центральных и местных исполнительных органов в вопросах государственного регулирования транспортной деятельности, сохранения тенденции к децентрализации, внедрения в отрасль инновационных и новаторских технологий.

В транспортной отрасли достижения информационно-коммуникационных технологий пока используются не в полной мере. Тем не менее, в развитых странах на транспорте уже в течение 25 лет ИКТ развиваются под общим названием интеллектуальные транспортные системы (ИТС). ИТС впитывают в себя новейшие достижения высоких технологий, космической и авиационной техники. «Интеллектуальная Транспортная Система» - интеграция современных информационных и коммуникационных технологий и средств автоматизации с транспортной инфраструктурой, транспортными средствами и пользователями, ориентированная на повышение безопасности и эффективности транспортного процесса. ИТС имеет две главные цели: 1) увеличение скорости движения транспортных средств; 2) повышение безопасности на дорогах.

Общей целью для всех организаций, занимающихся продвижением ИТС, является повышение безопасности дорожного движения и повышение эффективности поездок на городских магистралях. Это те ключевые вопросы, которые оказывают воздействие на жителей городов в ежедневном режиме. Для примера, при возникновении дорожно-транспортного происшествия, время реагирования и приезда медицинских служб является критическим. Секунды в данной ситуации - грань между жизнью и смертью, поэтому СМП должна прибывать на место происшествия в считанные секунды или минуты. Если система вызова СМП интегрирована в ИТС, то медицинские службы получают информацию и координаты с места ДТП в течение нескольких секунд, что позволяет ежедневно спасать сотни и даже тысячи жизней.

Следующим шагом по повышению безопасности на дорогах является сокращение рисков, которые могут стать причиной ДТП. Это предполагает сокращение заторов, быструю эвакуацию автомобилей с места аварии, а также регулярный мониторинг транспортных каналов на предмет опасных зон и препятствий.

Мировые пионеры в индустрии ИТС — Корея, Сингапур и Япония, отдельные составляющие таких систем встречаются в Бостоне, Нью-Йорке, Лос-Анджелесе, Брисбене и Франкфурте. Говоря об опыте США, то здесь, также как и в Японии, институциональная форма организации предусматривает активную роль министерства транспорта. На федеральном уровне государственная программа была принята конгрессом в 1991 году, еще 5 лет продолжался процесс разработки программ и стандартов. Примечательно, что в юридическом аспекте реализации ИТС наблюдается свойство целостности, то есть система имеет характеристику к воспроизводству, обновлению законодательства.

Другим центром развития ИТС является Азия, где Япония занимается вопросом «умных» транспортных систем уже более 40 лет. Первые попытки датированы 1973 годом. Следующим этапом стало создание в 1996 году национальной программы развития транспорта «ИТС-Япония». Первый центр организации дорожного движения появился в России (г. Москва) в 2013 году.

Для сравнения, в Узбекистане уже реализуются два проекта по внедрению локальных элементов и систем, относящихся к ИТС. Это внедрение автоматизированной системы управления и мониторинга в системе пассажирского транспорта города Ташкента (АК «Тошшахартрансхизмати») и внедрение компьютерной системы управления безопасностью дорожного движения г. Ташкента. Эти проекты важный и принципиальный шаг на пути интеллектуализации транспортного сектора страны, позволяющий оценить риски и проблемы, возникающие в ходе данного процесса, определить системные причины, мешающие эффективному внедрению ИТС.

Опыт Японии примечателен не только институциональной организацией процесса реализации ИТС, который реализован на базе национальной стратегии развития ИТС, но и тем, что Япония в начале 21 века провозгласила себя страной «нулевых» целей на дорогах: 1 - нулевая потеря на дорогах; 2 - нулевые задержки на дорогах; 3 - нуль неудобств.

Еще одним «выходцем» с азиатского континента является наш стратегический экономический и политический партнер Китай. Развитием ИТС здесь с 1997 г. начало заниматься министерство коммуникаций. Пилотным проектом сдало создание «Национального центра инжиниринга и технологий».

Развитие транспорта должна быть инновационной, т. е. опираться на передовые достижения науки и техники. Основой инновации могут быть фундаментальные научные исследования в

области транспорта или достижения из других областей. Разработка инновационной концепции должна опираться на системный подход, содержащий новую идею, базирующуюся на современном или перспективном развитии науки и техники, а не на индуктивном подходе, предполагающем лишь небольшое улучшение уже существующих разработок. Переход к интенсивному инновационному пути развития требует принятия стратегических решений по развитию автомобильного транспорта на долгосрочную перспективу. Необходимо создать условия для повышения качества автотранспортных услуг, повышения конкурентоспособности системы автомобильного транспорта страны, усиления инновационной, социальной и экологической направленности развития автотранспортной отрасли.

Ключевой проблемой политики внедрения ИТС на современном этапе в Узбекистане является недостаточно системный подход. Имеет место внедрение лишь отдельных элементов ИТС, без проведения научно-исследовательских работ, разработки стратегии и единой политики. Как результат, - отсутствие научной проработки внедрения ИТС, которая бы обеспечила создание единого информационного пространства с совмещением разных программ и оборудования.

Поэтому Концепция развития автомобильного транспорта Республики Узбекистан до 2030 года направлена на внедрение в систему государственного управления современных инновационных идей, разработок и технологий, опережающее научно-техническое сопровождение развития автомобильного транспорта, государственную поддержку создания интеллектуальных транспортных систем для повышения качества автомобильных перевозок, снижение уровня отрицательного влияния сектора автотранспорта на окружающую среду и улучшение экологии, обновление и пополнение парка пассажирских и грузовых автотранспортных средств, совершенствование системы финансирования проектов, направленных на развитие автотранспортной отрасли, интеграцию в мировое транспортное пространство и реализацию транзитного потенциала республики, создание условий для повышения конкурентоспособности отечественных перевозчиков на рынке международных автомобильных перевозок, активизацию кадровой политики.

## ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

*Хожиев Алиакбар Абдуманнопович, доцент, [aliakbar-x@mail.ru](mailto:aliakbar-x@mail.ru) Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, Ташкент, Узбекистан*

*Муртазаев Гулноза Рахмат кизи, ассистент, Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, Ташкент, Узбекистан*

### Аннотация

В нашей стране, за последние годы, стало уделяться большое внимание строительству автомобильных дорог. Современное строительство, невозможно представить без современной техники и технологии. В статье приведена техника безопасности при строительстве и эксплуатации автомобильных дорог, т.к. не соблюдение правил техники безопасности могут привести к печальным последствиям.

*Ключевые слова: дорожно-строительных машин, машинист, грузоподъемных машин, трактор, дизлектрических средств, бетононасос.*

Применение современных образцов дорожно-строительных машин обеспечивает выполнение требований интенсивной технологии механизированного производства работ, рост производительности и улучшение и усложнения конструкции машин, что, в свою очередь, требует высокой квалификации машиниста, одновременно возрастает значение профессиональной инициативы, самостоятельности и ответственности машиниста и его руководителя.

Чтобы в полной мере реализовать технические возможности дорожно-строительных машин, машинист должен хорошо знать их конструкцию и устройство, уметь производительно управлять машиной, соблюдая при этом правила безопасности труда.

Высокие темпы механизации и автоматизации дорожно-строительных работ не только улучшают условия труда, часто сводя его к управлению машинами, но и обеспечивают более безопасное выполнение всех работ, включая эксплуатацию и обслуживание машин. Вместе с тем

работа дорожно-строительных машин в условиях полного насыщения ими объектов строительства представляет известную опасность.

Персонал, обслуживающий дорожные машины, должен знать основные положения инструкций по их эксплуатации и техническому обслуживанию, в том числе[1]:

- назначение машины и область ее применения;
- краткое описание машины с общими видами основных ее узлов; кинематическую схему машины;
- схемы систем управления машиной, ее узлами и механизмами;
- таблицу смазывания машины с указанием мест смазывания, марок смазочных материалов и способов их подачи к трущимся местам, периодичность смазывания, замены одних смазочных материалов другими;
- основные сведения по наладке и регулировке рабочих органов и наиболее ответственных узлов и механизмов, их чертежи или схемы, краткое описание последовательности наладки и регулировки, периодичность выполнения;
- сведения о порядке монтажа и демонтажа узлов и механизмов машины с указанием их массы;
- указания по эксплуатации и техническому обслуживанию машины и ее двигателей;
- данные о предельных нагрузках и скоростях;
- основные требования техники безопасности при работе на машине и ее техническом обслуживании: спецификацию канатов, цепей, ремней, подшипников, тормозных лет, накладок, колодок, уплотнений и особо быстроизнашивающихся деталей;
- основные сведения о топливе, маслах, смазках, охлаждающих и других жидкостях, применяемых для данной машины, правила обращения с ними.

Для грузоподъемных машин и машин, работающих под давлением, необходимо знание правил и требований инспекции «Давтехназорат» Республики Узбекистан.

Согласно общим требованиям техники безопасности к управлению дорожными машинами, включая базовые (тракторы, тягачи и др.), на которых монтируется навесное и прицепное оборудование, могут допускаться лица, прошедшие соответствующую подготовку и имеющие удостоверение на право работы на этих машинах и на право их обслуживания. Лица, работающие на машинах, снабжаются инструкцией, содержащей требования техники безопасности и основные правила управления машинами и оборудованием, указания о предельных скоростях и нагрузках, а также о системе сигнализации[2].

До начала работы каждая машина должна быть тщательно осмотрена, проверена, а обнаруженные неисправности устранены. Выпуск на работу неисправных машин и работа на них категорически запрещаются. Запрещается также направлять на работу машины с неисправными тормозами ходовых колес или гусениц, а также с неисправными стояночными и другими тормозными устройствами.

Машины, перемещение которых может быть опасным для окружающих, должны быть оборудованы звуковой и световой сигнализациями. Во время работы машины, перед каждым пуском, остановкой, а также изменением скорости движения машинист обязан подать сигнал, предупреждающий об этом находящихся на прицепной машине операторов. Для работы в темное время суток машины должны быть оборудованы достаточным числом внутренних и внешних приборов освещения. Нельзя допускать каких-либо работ в темное время суток без включения приборов внешнего освещения.

Кабины и площадки управления, а также все рычаги, рукоятки и педали должны быть чистыми и сухими. В зависимости от назначения рычагов и педалей, предназначенных для включения и выключения отдельных механизмов машин, усилия на включение-выключение не должны превышать величин, указанных ранее.

Машинист должен работать в специальном костюме, рукавицах и очках.

Во время работы машинист не имеет права оставлять машину или оборудование с работающим двигателем. Он обязан следить за тем, чтобы во время работы никто посторонний не находился на машине и тем более между базовым трактором или тягачом и прицепным оборудованием.

Переезд через искусственные сооружения разрешается только после проверки их состояния, при этом должны быть учтены как масса самой машины или оборудования, так и базового трактора или тягача.

Каждую машину укомплектовывают аптечкой с необходимым набором медикаментов для оказания пострадавшим первой помощи. Ответственным лицом за наличие аптечки и набора медикаментов является машинист.

Общие положения и правила по технике безопасности при работе строительных машин сводятся к следующим[3]:

- к управлению машинами и оборудованием допускаются только лица, которые прошли обучение, сдали экзамен и получили соответствующее удостоверение на право управления данной машиной. машинисты, маляры, штукатуры, обслуживающие машины и инструмент, должны иметь инструкции, содержащие требования безопасности.

- все машины с электроприводом, электроинструменты, электрокраскопульты должны быть надежно заземлены.

- устранение обнаруженных неисправностей в электрооборудовании, электроцепях должно производиться только дежурным электрослесарем.

- при работе в особо опасных условиях независимо от напряжения инструмента рабочим должен выдаваться комплект диэлектрических защитных средств.

- при перерывах в работе, в том числе на обед, а также на осмотр и ремонт инструментов и машин, они должны отключаться от питающей электрической сети.

- все движущиеся части машин и механизмов, к которым есть свободный доступ, должны быть надежно ограждены. работать с неисправными или снятыми с машин и механизмов ограждениями запрещается.

- регулирование, смазка и чистка машин и инструментов при их работе запрещаются и допускаются только после полной их остановки. при этом должна быть исключена возможность самопроизвольного включения частей и механизмов машины.

- при работе машин, установок (растворонасосы, гидрокскаваторы, пневмоустановки) в которых жидкость, воздух и материалы перемещаются под давлением, давление в системах не должно превышать допускаемых величин.

- в случае образования пробок в трубопроводах, растворо-насосе или бетононасосе работа должна быть немедленно прекращена. удаление пробок следует производить только после полного снятия давления в системе, руководствуясь при этом указаниями инструкции по эксплуатации.

- запрещается работать на машинах без звуковой или световой сигнализации.

- в начале смены и при сдаче смены рабочие, управляющие машиной или механизированным инструментом, должны тщательно проверить основные узлы, детали, части и механизмы. Все обнаруженные неисправности необходимо исправить собственными силами или с помощью специальных рабочих (слесарей, электриков и др.). Работать на неисправных машинах категорически запрещается.

- на машине или в зоне ее работы должны быть вывешены предупредительные надписи, знаки, плакаты.

- пульты управления, рабочие места у машин и фронт работ должны иметь освещенность не ниже освещенности, предусмотренной нормами.

- рабочие, управляющие машиной, не имеют права передавать ее для работы другому лицу без особого разрешения администрации стройки.

- во время перерыва или прекращения работы машин и инструментов их необходимо оставлять в таком положении, при котором исключалась бы возможность пользования ими посторонними лицами.

- в случае внезапного заболевания, недомогания, получения даже небольшой травмы необходимо немедленно прекратить работу, остановить машину и сообщить об этом администрации стройки. для оказания первой помощи следует обратиться в медпункт, использовать аптечку.

- запасной инструмент и приспособления, хранящиеся на машине, всегда должны быть в полном наборе и в исправном состоянии, а рабочее место чистым, свободным, обеспечивающим нормальное положение машиниста за пультом или у машины.

**Делая вывод, можно сказать следующее, применяя вышенаписанные правила техники безопасности, можно предотвратить не только несчастные случаи, но и экономию денежных средств, повышение трудоспособности.**

#### **Список литературы.**

- [1] Белецкий, Б. Ф. Технология и механизация строительного производства: учебник 4-е изд., стер. - СПб: Лань, 2011. – 752 с
- [2] Хожиев А.А., Муртазаева Г.Р. Зарарли таъсирлар. Ж. «Мухофаза +» 2018.- 01 (157) 30 с.
- [3] Круглик, В.М. Технология обслуживания и эксплуатации автотранспорта: Учебное пособие / В.М. Круглик, Н.Г.Сычев. – М.: НИЦ ИНФРА-М, Нов. знание, 2013. – 260 с.

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ И РАСЧЕТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ ДВИЖЕНИЯ АВТОПОЕЗДА В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ**

*Файзуллаев Э.З. ТИПСЭАД, Ташкент, Узбекистан.*

#### **Аннотация**

В статье приводятся результаты экспериментальных и расчетных исследований режимов движения автопоезда с автомобилем тягачом Форд Карго 1827 и полуприцепом цистерной «Истанбул-Фрейхауф» в горных условиях перевала «Камчик».

Безопасность движения, производительность и высокий экономический эффект определяется прежде всего, правильным выбором типа подвижного состава для условий эксплуатации. Приспособленность автомобилей к условиям эксплуатации, является очень важным фактором особенно в экстремальных условиях.

В связи с чем, выбор рационального типа автопоезда для перевозки нефтепродуктов в условиях камчикского перевала является актуальным вопросом. Решение, которого требует проведения ряд расчетно-экспериментальных работ таких как: оценка дорожных условий перевала «Камчик», изучение режимов движения автопоезда в экстремальных условиях перевала, расчет тяговых возможностей автопоездов и т.д.

Изучение режимов движения автомобилей в экстремальных условиях эксплуатации дает возможность прогнозирования степени приспособленности транспортных средств к этим условиям, следовательно, для выбора рационального типа автомобиля тягача для эксплуатации в условиях камчикского перевала необходимо экспериментальным путем определение параметров режимов движения автопоезда.

Для этих целей были проведены расчетные и экспериментальные исследования по определению тягово-скоростных свойств автопоездов при перевозке нефтепродуктов через

перевал «Камчик» на примере автопоезда с автомобилем тягачом Форд-Карго 1827 и полуприцепом цистерной «Истанбул-Фрейхауф». Эксперимент проведен по маршруту Ангрэн-Пап-Ангрэн в тяжелых участках перевала.

Для определения выполнения требования ГОСТа были проведены расчетные исследования по выявлению. необходимой мощности двигателя

Требования ГОСТа: автомобиль в составе автопоезда с полной массой при движении по сухому и ровному твердому покрытию должны преодолевать подъем 3% протяженностью не менее 3 км при установившейся скорости движения не менее 35 км/ч.

Автопоезд движется равномерно со скоростью 35 км/час подъем 3% , покрытие дороги асфальт (состояние удовлетворительное), коэффициент сопротивления качению 0,02.

$$\text{подъем } 3\% = 1^{\circ}40'$$

### Определение суммарного коэффициента сопротивления дороги

$$\psi = 0,02\cos 1^{\circ}40' + \sin 1^{\circ}40' = 0,046, \text{ Необходимая мощность: } N_e = 217 \text{ л.с.}$$

Согласно [1] на каждый 1000 м подъема дороги над уровнем моря (н.у.м.) мощность двигателя подает в среднем на 10-13 %. Следовательно, для определения мощности двигателя, обеспечивающей требования ГОСТ 21398 [2] необходимо расчетное значение мощности увеличить 13 % на каждый 1000 м высоты н.у.м.. Перевал «Камчик» находится на высоте 2160 метров над уровнем моря. Следовательно, требуемая мощность возрастет на 13% + 13% + 2% = 28 %, т.е.

$$N_d = N_e \cdot 1,28$$

Кроме того, как показывают многочисленные исследования в процессе эксплуатации из-за износа деталей двигателя мощность двигателя подает в среднем на 5-10 % за каждый 100 000 км [3]. Если учесть такое падение требуемая мощность определяется по следующей формуле:

$$N_d = N_e \cdot 1,35 = 217 \cdot 1,35 = 292,95 \text{ кВт (398 л.с.)}$$

Следовательно, мощность необходимая для обеспечения требования ГОСТ 21398:

$$N_d = 292,95 \text{ кВт (398 л.с.)}$$

Были проведены экспериментальные исследования режимов движения автопоезда с седельным тягачом форд-карго 1827 и полуприцепом istanbul - fruehauf при перевозке нефти и нефтепродуктов в горных условиях перевала «Камчик»

Эксперименты по изучению режимов движения автопоезда проведены по маршруту г.г. Ангрэн-Пап-Ангрэн. Экспериментальные исследования были проведены в хороших погодных условиях (отсутствие ветра, хорошее состояние дороги).

При экспериментальных исследованиях были зафиксированы: уклон дороги, протяженность, скорость движения, включенная передача. Результаты экспериментальных исследований приведены в таблице № 1.

Таблица 1

Результаты экспериментальных исследований

Уклон дороги, (%)	Протяженность, м	Скорость автомобиля, км/ч	Включенная передача КП
3	3000	25	III
4	500	22	II-III
5	500	20	II
6	1500	12	I-II
7	1000	10	I
8	600	8	I
10	400	8	I

По таблице видно, что автопоезд по перевалу «Камчик» двигался на низких I-III-х передачах и средняя скорость составляет 15 км/час.

По результатам выполненных исследований можно сделать следующие выводы:

Как показывает результаты экспериментальных и расчетных исследований тягово-скоростные свойства и конструктивные характеристики автопоезда с автомобилем-тягачом Форд-Карго 1827 и полуприцепом ISTANBUL – FRUEHAUF не обеспечивает следующие требования:

- По ГОСТ 21398:

- автомобиль в составе автопоезда с полной массой при движении по сухому и ровному твердому покрытию должны преодолевать подъем 3% протяженностью не менее 3 км при установившейся скорости движения не менее 35 км/ч.

- экспериментально установлено, что на подъеме 3 % средняя скорость автопоезда составляет 25 км/час.

Мощность двигателя 200 кВт (272 л.с.), установленного на автомобиль-тягач Форд-Карго 1827 не достаточна для обеспечения требования, по результатам расчета необходимая мощность двигателя составляет  $N_d = 292,782$  кВт (398 л.с.), что обеспечивает требования ГОСТ 21398:

## Литература

- [1] Файзиев М.М. Повышение эффективности использования двигателей КамАЗ-740 в горных условиях. Автореф. канд.дисс. Т., 1993
- [2] ГОСТ 21398-89 «Автомобили грузовые. Общие технические требования»
- [3] Файзуллаев Э.З. Повышение эффективности использования автопоезда по топливной экономичности и ресурсу двигателя. Автореф. канд.дисс. М., 1984.

## ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ В РЕСПУБЛИКЕ УЗБЕКИСТАН

*Эрбеков Шербек Исмаилович, Заместитель генерального директора ГП «Научно-производственный центр «Узавтотранстехника», кандидат технических наук.*

### Аннотация

В Республике Узбекистан разработаны три общих технических регламента в целях формирования единой технической политики в сфере автомобильного транспорта.

Отмечено, что принятием вышеуказанных общих технических регламентов в Республике Узбекистан создана основополагающая нормативная база для обеспечения безопасности автотранспортных средств при производстве и эксплуатации.

*Ключевые слова: техническое регулирование, технический регламент, безопасность автотранспортных средств, эксплуатация*

Законом Республики Узбекистан «Об автомобильном транспорте» установлено, что одним из основных путей государственного регулирования деятельности автомобильного транспорта является проведение единой научно-технической политики.

Проведение единой научно-технической политики на автомобильном транспорте осуществляется путем разработки и внедрения нормативных документов в области технического регулирования.

Основной целью технического регулирования является безопасная и качественная автотранспортная услуга.

Единую техническую политику необходимо формировать во взаимодействии с другими отраслями экономики, с учетом интересов производителей автотранспортных средств, перевозчиков и сохранности автомобильных дорог.

Формирование единой технической политики целесообразно осуществлять применением методов системного анализа.

Рассмотрим варианты, когда в отрасли единая техническая политика отсутствует и когда единая техническая политика сформирована.

Первый вариант, когда единая политика отсутствует.

Предполагаем, что существуют многочисленные перевозчики и работают в условиях отсутствия технической политики в отрасли.

От каждого перевозчика вытекает самостоятельное решение по одному и тому же вопросу.

Когда существуют большое количество перевозчиков ( $n$ ), из каждого может исходить большое количество решений ( $i$ ) по одному и тому же вопросу. Допустим, что  $n$  равен – 2000, а  $i$  равен – 5. В таком случае могут быть сотни миллионов вариантов решений.

Это значит, прогнозировать результат действия не возможно, могут быть любые варианты. Никаких гарантий безопасности не может быть.

Естественно такой вариант не может гарантировать безопасность оказания услуг.

Поэтому рассмотрим, когда единая техническая политика сформирована и действует.

В Узбекистане принят Закон «О техническом регулировании».

Законом установлено, что все требования безопасности устанавливаются техническими регламентами, которые являются единственным документом, устанавливающим требования безопасности, и обязательны для исполнения.

На основе закона разрабатываются технические регламенты, устанавливающие требования безопасности, которые обязательны для исполнения всеми перевозчиками.

Предполагается, что все требования безопасности технического регламента приняты перевозчиками, перевозчики в свою очередь принимают решение с учетом предъявленных требований. В соответствии с вышеуказанным Законом, независимо от того, где находится перевозчик, и независимо от форм собственности должен принимать решение с учетом требований регламента. Все они должны будут направлены на обеспечение безопасности.

Единая техническая политика формируется путем разработки и внедрения технических регламентов и нормативных документов в области технического регулирования в этапах проектирования, производства и эксплуатации автотранспортных средств.

Все разработанные технические регламенты и нормативные документы в области технического регулирования направлены на одну цель.

Узбекским агентством автомобильного транспорта совместно с Главным управлением безопасности дорожного движения Министерства внутренних дел Республики Узбекистан и АК «Узавтосаноат» разработаны и утверждены постановлениями Кабинета Министров три общих технических регламента:

1. Общий технический регламент о безопасности конструкции автотранспортных средств по условиям эксплуатации.

2. Общий технический регламент о безопасности автотранспортных средств, работающих на сжатом природном, сжиженном нефтяном газе или на смеси дизельного и газообразного топлива.

3. Общий технический регламент о безопасности колесных транспортных средств, выпускаемых в обращение.

Общий технический регламент о безопасности конструкции автотранспортных средств по условиям эксплуатации является первым общим техническим регламентом, введенным в республике.

Принятие и соблюдение требований данного общего технического регламента обеспечить безопасность автотранспортных средств в эксплуатации.

В последние годы в Республике Узбекистан все больше внимания уделяется безопасности эксплуатации автотранспортных средств, оборудованных газобаллонным оборудованием.

В целях обеспечения безопасности автотранспортных средств, работающих на сжатом природном, сжиженном нефтяном газе или на смеси дизельного и газообразного топлива, Постановлением Правительства принят Общий технический регламент.

Регламентом установлены требования к: организациям, оказывающим услуги по установке газобаллонного оборудования на автотранспортные средства, его техническому обслуживанию и испытаниям; процессу установки газобаллонного оборудования на автотранспортные средства; безопасности к установке систем газобаллонного оборудования; элементам системы СПГ и СУГ (должны соответствовать требованиям государственных стандартов O`z DSt 35.110:2011 (Правила ЕЭК ООН №110), O`z DSt 35.67:2011 (Правила ЕЭК ООН №67)); испытаниям, эксплуатации и техническому обслуживанию автотранспортных средств с установленным газобаллонным оборудованием; маркировке и идентификация баллонов.

Общий технический регламент о безопасности колесных транспортных средств, выпускаемых в обращение устанавливает требования к безопасности колесных транспортных средств, порядок и методы оценки соответствия транспортных средств, перечень базовых требований, установленных в отношении выпускаемых в обращение типов транспортных средств (шасси), технические требования в отношении отдельных элементов и свойств для оценки соответствия транспортных средств (шасси), требования, устанавливаемые в отношении специальных и специализированных транспортных средств с учетом их функционального назначения.

Регламентом установлено, что транспортные средства, выпускаемые в обращение должны отвечать требованиям приспособленности к природно-климатическим условиям Республики Узбекистан.

В связи с этим актуальными являются научно-исследовательские работы по обоснованию критериев оценки приспособленности автотранспортных средств к условиям жаркого климата и разработка методов их определения.

Таким образом, принятием вышеуказанных общих технических регламентов в Республике Узбекистан создана основополагающая нормативная база технического регулирования в сфере автомобильного транспорта.

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

*д.т.н., профессор Мухитдинов А.А., докторант Абдураззоков У.А.*

*Ташкентский институт по проектированию, строительству и эксплуатации автомобильных дорог, Ташкент, Узбекистан.*

### Аннотация

В данной статье приведен метод оценки энергетической эффективности АТС, анализ топливно-экономических и энергетических показателей АТС на стандартных ездовых циклах, а также их сравнение.

*Ключевые слова. Энергетическая эффективность, расход топлива, физическая работа АТС, транспортная работа.*

С ростом экономики Узбекистана расширяется парк автомобилей, что в свою очередь приводит к увеличению потребления природных энергетических ресурсов. За период 2000-2018 годов количество автомобилей в частном секторе увеличилось более чем в два раза, изменилась тенденция технической эксплуатации техники, при эксплуатации требуется учитывать фактические энергетические затраты транспортной работы для определения коммерческих и технических нормативов. Вследствие чего, требуется разработать новый метод по повышению эффективности использования энергетических, экономических и технических ресурсов автотранспортными средствами в существующих условиях эксплуатации.

Известным показателем энергетической эффективности автотранспортных средств (АТС) на практике считается расход топлива на единицу пройденного пути (л/100км или mpg), для грузовых автомобилей дополнительно учитывается увеличение (уменьшение) собственной массы. К таким измерителям, как тонна и километр привязаны практически все эксплуатационные нормы АТС, что приводит к искажению фактических затрат на транспортную работу при разных условиях эксплуатации из-за отсутствия объективного показателя. В связи с этим, оценка энергетической эффективности АТС является актуальной.

Для оценки топливной экономичности АТС разработаны городские и магистральные ездовые циклы. В разных странах имеются свои нормативные ездовые циклы с разными параметрами (Japanese 10-15, ECE+EUDC и др) [4]. Характеристики различных ездовых циклов описываются показателями фаз (продолжительность, максимальная скорость, средняя скорость, максимальное ускорение, замедление и т.д.). Однако, по этой методике определяется базовая норма расхода топлива АТС для типового условия, которая требует корректировку с учётом параметров реальных условий эксплуатации.

Существуют также ряд методов оценки энергетической эффективности АТС, особенно, легковые автомобили классифицируются по энергетической эффективности, показателем которого принято количество выбрасываемого CO<sub>2</sub> на единицу пройденного пути [1], который также определяется на нормированных ездовых циклах [3].

Как показывает анализ, ездовой цикл является одним из основных определяющих факторов при определении базовой энергетической эффективности АТС. Можно считать, что полезная физическая работа АТС, выполненная на ездовом цикле на единицу пути определяет – удельную работу АТС (Дж/м), а на единицу расхода топлива – энергетическую эффективность АТС (Дж/л).

Существуют два основных метода решения задачи определения энергетической эффективности АТС: непосредственное и косвенное измерение. При непосредственном измерении необходимо применить аппаратный метод измерения расхода топлива и тяговой силы на колесах АТС в дорожных условиях, который повышает достоверность показателя, однако требуется разработка технических средств такого метода, которая отсутствует на сегодняшний день. Но для сравнительной оценки АТС можно применить косвенные методы с учетом обеспечения одинаковости расчетных условий.

Для этого необходимо определить полезную физическую работу АТС на ездовом цикле построением энергетического баланса на фазах движения АТС (разгон, движение с постоянной скоростью, выбег, торможение, холостой ход), следующим образом

$$dE = N_k \cdot dt, \quad (1)$$

где  $E$  – полезная физическая работа АТС;  $N_k$  - мощность на колесах АТС, (Вт);  $t$  - время продолжительности фазы ездового цикла, (с).

На основании вышеизложенного были проведены расчетные исследования по определению удельной работы трёх моделей АТС и их энергетической эффективности на разных ездовых циклах. Результаты расчетов показывают (таблица – 1), что удельная работа АТС зависит от параметров ездового цикла, массы и аэродинамических характеристик АТС. Отмеченные параметры, хотя учитывают некоторые конструктивные особенности АТС и дороги, но полностью не учитывают особенности рабочих режимов двигателя и трансмиссии, параметров дороги, которые определяют расход потенциального источника энергии.

Таблица – 1.

Удельная работа АТС на нормативных ездовых циклах.

Модель автомобиля	Удельная работа АТС, [Дж/м]		
	ECE	EUDC	IM240
Nexia $m_a=1460 \text{ кг}$ $c_b=0,58 \text{ Нс/м}$	483	545	612

Cobalt $m_a=1590$ кг $c_B=0,65$ Нс/м	518	602	666
Captiva $m_a=2505$ кг $c_B=0,82$ Нс/м	807	873	1008

На основании известных исследований [2] были определены расходы топлива выбранных моделей АТС на данных ездовых циклах (таблица – 2). Результаты показывают разную приспособленность АТС к условиям эксплуатации по расходу топлива, а также хотя на ездовом цикле EUDC удельная работа АТС больше чем на ездовом цикле ECE, значения расхода топлива меньше.

Результаты оценки энергетической эффективности АТС (таблица – 3) показывают, что существует оптимальное сочетание параметров условий эксплуатации и конструкции техники по обеспечению энергетической эффективности АТС, что подтверждает необходимость дифференцированной оценки и учёта физической работы АТС в заданных условиях эксплуатации для повышения эффективности их эксплуатации и достоверности фактических затрат на транспортную работу. Из таблицы – 3 видно, что легковой автомобиль Nexia выдает относительно высокую энергетическую эффективность во всех выбранных ездовых циклах, чем автомобили Cobalt и Captiva. Но общая картина доказывает низкую энергетическую эффективность АТС с двигателями внутреннего сгорания.

Таблица – 2.

Расход топлива АТС на нормативных ездовых циклах.

Модель автомобиля	Расход топлива АТС, [мл] / [л/100км]		
	ECE	EUDC	IM240
Nexia	112 / 11,3	569 / 8,2	410 / 12,9
Cobalt	125 / 12,6	684 / 9,8	460 / 14,5
Captiva	194 / 19,6	1055 / 15,2	700 / 22,2

Таблица – 3.

Энергетическая эффективность АТС на нормативных ездовых циклах.

Модель автомобиля	Энергетическая эффективность АТС, [МДж/л]		
	ECE $v_{accp}=18$ км/ч	EUDC $v_{accp}=62$ км/ч	IM240 $v_{accp}=47$ км/ч
Nexia	4,26	6,64	4,73
Cobalt	4,09	6,11	4,56
Captiva	4,10	5,74	4,54

Кроме того, ездовой цикл ECE с точки зрения удельной работы АТС и их энергетической эффективности показал низкие значения, чем остальные EUDC и IM240. Этого можно объяснить тем, что данный ездовой цикл имеет низкую среднюю скорость движения – 18 км/ч, чем остальные ездовые циклы – 62 и 47 км/ч, что смещает работу двигателя в неблагоприятную зону с низкими кинематическими и динамическими нагрузками, которые далеки от экономичной зоны работы двигателя.

Приведенная методика позволяет в полной мере оценить энергетическую эффективность АТС с разными энергетическими установками при движении на заданных условиях эксплуатации. Кроме того, с применением методики можно оценить сложность того или иного условия эксплуатации относительно конкретного объекта исследования, что позволяет выбрать наиболее приспособленного АТС по энергетической эффективности. Дальнейшее развитие методики предусматривает применение аппаратного метода оценки и учёта с использованием бортовых электронных систем АТС для ее практического внедрения.

## Литература

- [1] Козлов А.В. Современные требования к уровню энергетической эффективности транспортных средств / А.В. Козлов, А.С. Теренченко // Журнал автомобильных инженеров. 2014. № 1 (84).
- [2] Мухитдинов А.А. Научные основы выбора параметров и режимов управления двигателем и трансмиссией автомобиля: Дис. ... докт. техн. наук. – Ташкент: ТАДИ, 2004. – 310 с.
- [3] Regulation (EC) № 443/2009 of the European Parliament and of the Council Setting Emission Performance Standards for New Passenger Cars as Part of the Community's Integrated Approach to Reduce CO2 Emissions from Light-Duty Vehicles. – 23 April 2009. – 15 p.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

*д.т.н., профессор Мухитдинов А.А., докторант Абдураззоков У.А.*

*Ташкентский институт по проектированию, строительству и эксплуатации автомобильных дорог, Ташкент, Узбекистан*

### Аннотация

В данной статье рассмотрены состояние эффективной эксплуатации АТС, проблемы и задачи решения по повышению эффективности эксплуатации АТС применением информационных технологий.

*Ключевые слова: Эффективность эксплуатации, технический уровень, эксплуатационные нормы, физическая работа АТС, транспортная работа.*

Динамичное развитие экономики Узбекистан находит своё непосредственное отражение в росте объёма перевозок грузов и пассажиров. За последние пять лет объём товарооборота грузов вырос более чем в 1,5 раза, пассажирооборота в 1,45 раза. Вместе с тем, участие автотранспорта в общем объёме перевозок составляет более 90 %. Современные требования к автомобильным перевозочным процессам перерос от самого перевозочного процесса до организации его по принципам логистики, которая требует разработку новых методов по повышению эффективности эксплуатации автотранспортных средств (АТС) путем внедрения информационных технологий. Это определяет новый подход к эксплуатации во взаимосвязи составляющих этапов всего жизненного цикла АТС – проектирование, производство, эксплуатация и утилизация.

Эффективность эксплуатации АТС – степень реализации потенциала конструкции в функциях её назначения. В конструкцию современных автомобилей вложен достаточно высокий потенциал по функциям её назначения, реализация которого является задачей для этапа эксплуатации. Ведущие исследовательские институты и производители добиваются высоких результатов по повышению надежности и приспособленности автомобилей, в то время как эксплуатирующие автотранспортные предприятия реализуют лишь более половины этого заложенного потенциала.

Основные факторы, влияющие на эффективность этапа эксплуатации АТС, составляя единство в обеспечении цели, являются самостоятельными по совершенствованию (рис.1.). Оптимизацией указанных факторов можно существенно уменьшить себестоимость транспортных услуг, при сохранении тарифа за перевозку уменьшится влияние его на конечную цену перевозимого товара.

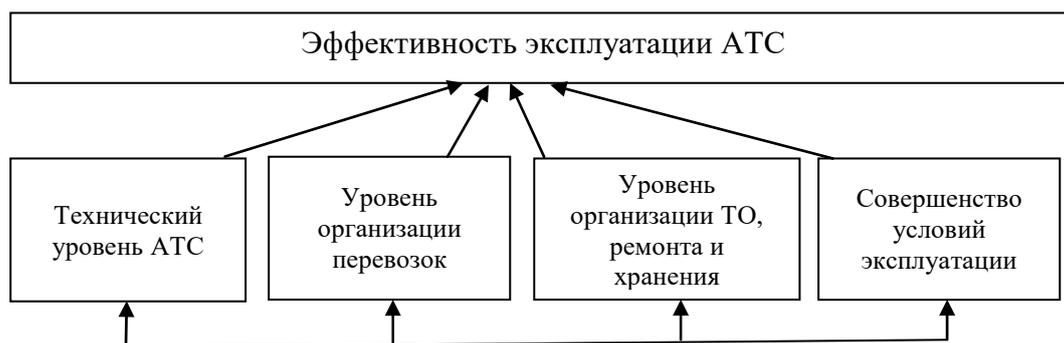


Рис.1. Основные факторы, влияющие на эффективность эксплуатации АТС.

Оценка технического уровня АТС производится с целью установления влияния их параметров на показатели эффективности, а также выявления степени соответствия основных технических показателей, производимых или эксплуатируемых АТС поставленным задачам функционирования и современным требованиям. Подобная оценка должна проводиться на всех стадиях жизненного цикла АТС.

Основываясь на функциях и состояниях АТС на различных стадиях их жизненного цикла, технический уровень можно определить на основании комплексных показателей: функциональное, конструктивное и эксплуатационное совершенство.

Функциональное совершенство АТС оценивают показатели надежности и производительности. Понятием конструктивное совершенство определяется совокупность свойств и характеристик, присущих непосредственно АТС и мало зависящих от условий и технологий эксплуатации.

Уровень совершенства эксплуатации АТС оценивается эксплуатационной и коммерческой технологичностью.

Эксплуатационная технологичность характеризует приспособленность конструкции и бортовых систем к высокоэкономичным методам технического обслуживания и ремонта. Конструкция современных АТС оборудованы диагностическими разъёмами OBD для подключения приборов в целях считывания параметров работы агрегатов [2]. Однако, выведенные сигналы зашифрованы производителем и используется только в целях диагностики работы агрегатов АТС, что ограничивает их свободное дистанционное использование для введения постоянного мониторинга фактического технического состояния конструкции и эксплуатационных материалов в реальных условиях эксплуатации. Из-за такого ограничения приходится разрабатывать и внедрять достаточно большое количество корректирующих коэффициентов для нормирования показателей технической эксплуатации АТС в дифференцированных условиях.

Анализ исследований [1, 3] показывает, что к таким измерителям, как тонна и километр привязаны практически все эксплуатационные нормы АТС (нормы расхода топлива, периода замены моторного масла, износа шин и т.д.), что приводит к искажению реальных затрат на транспортную работу в дифференцированных условиях эксплуатации из-за отсутствия объективного показателя. Учитывая это, транспортную работу АТС целесообразно рассматривать с экономической и технической позиций.

С точки зрения экономики транспортная работа – коммерческая работа при перевозке определенного объема груза на определенное расстояние грузовыми автомобилями, без учета технических особенностей перевозки.

С точки зрения техники транспортная работа – физическая работа при перевозке определенного объема груза на определенное расстояние грузовыми автомобилями с учетом технических особенностей перевозки и измеряется в джоулях. В физическом смысле определяет энергетические затраты на перевозку груза автомобильным транспортом. Но при этом не имеют практические технические решения регистрации и обработки параметров физической работы (крутящий момент и мощность двигателя) в реальных условиях эксплуатации АТС, что требует

совершенствование топологии системы диагностического разъёма OBD производителем, с предоставлением свободного доступа к некоторым необходимым для этого параметрам.

Коммерческая технологичность характеризует приспособленность АТС к коммерческим услугам. На коммерческую технологичность влияют дистанционная контролируемость, оснащение системами мониторинга, поиска объектов для перевозки, пунктов заправки, стоянки и ТО, технология процесса погрузки-разгрузки.

В отечественных автопредприятиях имеется отставание развития материально-технической и технологической базы, а объем услуг сервисных центров недостаточен. Причиной простоев АТС являются несовременный уровень совершенства эксплуатации АТС, а также организация трудовой деятельности водителей и методы их стимулирования.

Анализ исследований эффективности эксплуатации АТС определяет следующие задачи по её повышению:

- актуализировать методики нормирования эксплуатационных материалов (топлива, масла, шин и др.) с учётом возможностей современных информационных технологий;
- решить задачу внедрения информационных технологий в процессы технической и коммерческой эксплуатации АТС;
- разработать механизмы оценки технического состояния АТС (его частей и эксплуатационных материалов) и деятельности водителей (и других кадров хозяйства), позволяющих дальнейшего совершенствования управления и повышения эффективности эксплуатации АТС.

Решение указанных задач возможно с внедрением в систему эксплуатации АТС информационных технологий по регистрации, учёта и обработки данных бортовых компьютеров, при необходимости разработкой дополнительных технологий необходимых для обеспечения эксплуатационной технологичности конструкции.

## Литература

- [1] Басков В.Н. Повышение надежности автомобиля использованием рационального измерителя процесса эксплуатации. Дис. ... докт. техн. наук. – Саратов.: 2004. – 375 с.
- [2] Волков В.П. Интеграция технической эксплуатации автомобилей в структуры и процессы ITS / Волков В.П., Матейчик В.П., Никонов О.Я. и др. – Донецк: Изд-во «Ноулидж», 2013. – 398 с.
- [3] Цветков Д.Г. Совершенствование метода оперативного корректирования нормативов технической эксплуатации городских автобусов за счет инструментального учета условий эксплуатации. Автореферат к.т.н. – МАДИ (ГТУ), 2001. – 23 с.

## КОНТРОЛЬНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПРИ ОЦЕНКЕ ПРИСПОСОБЛЕННОСТИ К ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИМ УСЛОВИЯМ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

*Ким Александр Леонтьевич – ведущий специалист ГП «Республиканский ЦИС» агентства «Узстандарт», г. Ташкент, Республика Узбекистан.*

## Аннотация

В данной статье рассмотрены вопросы контрольных климатических испытаний транспортных средств при оценке приспособленности к природно-климатическим условиям Республики Узбекистан.....

*Ключевые слова. Контрольно-климатические испытания, транспортные средства, стандарт, ....*

Контрольные климатические испытания являются частью общей группы испытаний, которым подвергаются как сами автомобильные транспортные средства (ТС) в полнокомплектном виде, так и отдельные детали, узлы, материалы и защитные покрытия, которые используются при их

производстве, с целью выяснения степени устойчивости к разрушающим воздействиям природных факторов окружающей среды.

Если рассматривать определение термина “климатические испытания” - это испытания по воздействию различных природно-климатических факторов (повышенной или пониженной температуры, повышенной или пониженной влажности, пониженного или повышенного атмосферного давления, соляного тумана, песка и пыли, дождя и т.п.) на испытываемые объекты (такие, например как, оборудование, прибор, механизм и т.п.).

При проведении климатических испытаний оценивается степень нарушения целостности внешнего вида объекта испытаний или материала, из которого он изготовлен (коррозионные процессы и потеря формы), структуры элементов конструкции (например, внутренние микротрещины) и т.п. Испытания можно проводить не только готовой продукции, но и на стадии сборки конструкции, что позволяет избежать многих дефектов при эксплуатации. Кроме того, этот вид испытаний широко применяется при изготовлении прототипов, что даёт возможность вовремя устранить многие возможные дефекты и недостатки в конечной продукции.

Следовательно, при оценке качества любого изделия имеет смысл оценивать не только функциональные и эксплуатационные показатели, но и степень воздействия факторов окружающей среды, при которых изделие может не соответствовать заявленным характеристикам.

Что же касается особенностей проведения контрольных климатических испытаний ТС, то они могут проводиться в естественных условиях (т.е. натурные испытания), когда изучение образцов испытаний проводится длительный период времени по определённой программе испытаний, но с получением более точных результатов. Или в лабораторных условиях с применением специального испытательного оборудования и стендов, а также климатических камер (таких например как, дождевалыных, холодильных или коррозионных), позволяющих моделировать различные природно-климатические условия в замкнутом пространстве.

Хотелось бы отметить, что каждый из видов контрольных климатических испытаний ТС, проводимых как в естественных, так и в лабораторных условиях имеет свои определённые преимущества и недостатки.

Одно из преимуществ испытаний в естественных условиях являются получение наиболее достоверных результатов в виду наибольшей приближенности испытаний ТС к реальным условиям.

С практической точки зрения испытания в естественных условиях считаются несложными и относительно оптимальными (по уровню затрачиваемых для их проведения материальных ресурсов) методами климатических испытаний, естественно при соблюдении норм, приведённых в НД на методы их проведения.

Недостатки такого рода испытаний:

- длительные сроки получения результатов испытаний, которые возрастают по мере повышения надежности конструкции ТС;
- существует вероятность потери объекта испытаний из-за ДТП, что приведёт к уничтожению ценных испытательных данных;
- необходимо принимать меры для обеспечения секретности при проведении испытаний.
- характерная сезонность, которая регламентирована в НД на методы их проведения (например, испытания проводятся в летний период времени, при средней температуре не менее +35°C или аналогично в зимний период года), а также невозможность создания каких-либо экстремальных условий, которые испытываемые ТС должны выдерживать непосредственно при эксплуатации.

При этом испытания в естественных условиях возможно проводить на специализированных полигонах, которые в свою очередь дают следующие преимущества:

- сокращение времени, материальных и трудовых затрат на испытания;

- наличие большой материально-технической базы и высоко квалифицированных кадров;
- стабильности условий проведения испытаний;
- возможности форсирования внешних воздействий, приводящих к повышению темпов выявления слабых мест конструкции автомобиля;

Преимущества стендовых испытаний:

- Возможность точного соблюдения условий испытаний и хорошая воспроизводимость результатов испытаний. Доступность интерфейса между испытательным стендом и объектом испытаний с точки зрения измерительной техники позволяет достичь высокой прозрачности условий испытаний. К уже имеющимся датчикам, которыми оснащён стенд, можно установить дополнительные датчики, чтобы точно фиксировать условия испытаний (например, температуры деталей, окружающей среды и контактных поверхностей в дополнение к измерениям углов, перемещений, сил и моментов, осуществляемыми датчиками стенда). Кроме того, измерительная техника, используемая во время стендовых испытаний, как правило, дешевле, чем приборы, используемые во время дорожных испытаний.

- Точная настройка и поддержание эксплуатационного режима. Это обеспечивает необходимую полноту получаемой экспериментальной информации. Например, поддержание постоянных скоростей и моментов при стендовых испытаниях, что при дорожных испытаниях или недостижимо или связано с более высокими, чем при стендовых испытаниях, затратами.

- Исключение помех. В условиях стендовых испытаний можно исследовать только те характеристики автомобиля, которые требуются экспериментатору, исключая влияние окружающей среды, других характеристик автомобилей и т.д. на результаты эксперимента.

- Воспроизводимость результатов измерений. Важное свойство, которое позволяет при повторном выполнении эксперимента точно воссоздать условия его проведения.

- Экономия средств. Значительные инвестиции, которые необходимо вложить в испытательное оснащение и специально оборудованные помещения, окупаются благодаря интенсификации испытаний (например, циклов, которые могут продолжаться 24 часа и более). Возможны испытания, которые не требуют постоянного наблюдения за их ходом.

Недостатки стендовых испытаний:

- Недостаточная достоверность воспроизведения реальных условий эксплуатации. Это основной недостаток стендовых испытаний.

Испытательные стенды никогда точно не отражают условия эксплуатации реального автомобиля. Если бы можно было точно воссоздать условия дорожных испытаний, тогда стендовые испытания полнокомплектных автомобилей не были бы экономически выгодны. При проведении стендовых испытаний приходится учитывать заранее установленные отклонения от реальных условий. Например, это касается работы упругих элементов, исследований характеристик шин, способа крепления автомобиля на стенде, который нарушает работу подвески.

- Не всегда возможно перенесение результатов испытаний компонентов на характеристики полнокомплектного автомобиля. Например, характеристики амортизаторов, которые испытываются отдельно, меняются при установке на автомобиль из-за работы остальных элементов подвески.

- Невозможно добиться правильной работы динамических систем автомобиля на статических стендах. Это относится к активным подвескам или системам стабилизации.

Контрольные климатические испытания ТС в лабораторных условиях с использованием специализированных стендов, испытательного оборудования и климатических камер имеют также свои особенности и технико-экономические ограничения.

Испытания на стендах характеризуются высокой стабильностью задаваемых и поддерживаемых условий нагружения, температуры, влажности, запылённости и других обстоятельств, влияющих на функционирование конструкции ТС, а также с возможностью

углубленных наблюдений за рабочими процессами (в том числе и труднодоступных частях ТС), повышенной точностью их измерения и регистрации.

Но даже при наличии большого количества специализированных стендов по объёму получаемой информации испытания на них не могут конкурировать с натурными испытаниями на специализированных полигонах или в полевых условиях, где возможно испытывать одновременно несколько единиц ТС определённых типов (моделей и модификаций). Климатические, атмосферные, и прочие внешние воздействия и условия (в том числе с учётом характера автомобильных дорог) хотя и возможно имитировать на стендах, но в ограниченных объёмах и диапазонах.

Помимо этого, специализированные стенды для испытаний сами должны располагать определённым ресурсом работы и высокой степенью надёжности, что требует значительных финансовых затрат на их приобретение, содержание и ремонт (при необходимости), а также необходимость выделения больших производственных площадей, с привлечением компетентных специалистов узкого профиля необходимых для ввода их в эксплуатацию, непосредственного использования и проведения квалифицированного технического обслуживания.

С учётом вышеизложенных факторов, местные производители ТС и другие официальные дилеры, поставляющие в республику ТС зарубежного производства, уже в начале очередного наступившего календарного года должны планировать подачу заявок на проведение контрольных климатических испытаний конкретных типов моделей и модификаций ТС, а независимые аккредитованные испытательные лаборатории НСС РУз., в свою очередь, имея утверждённую область аккредитации по проведению испытаний, подготовленный персонал, а также определённый уровень оснащённости необходимыми средствами измерения и испытательным оборудованием, в зависимости от уровня компетентности персонала и направления своей деятельности должны заранее согласовать с ними содержание, объём и последовательность выполнения этапов планируемых работ по испытаниям и сроки их проведения.

Остановимся подробнее на действующей в НСС РУз процедуре оценки приспособленности автотранспортных средств к природно-климатическим условиям Республики Узбекистан.

Оценка транспортных средств на территории Республики Узбекистан осуществляется в соответствии с требованиями Общего технического регламента, утверждённого Постановлением Кабинета Министров Республики Узбекистан от 25 апреля 2017 года № 237 «О безопасности колёсных транспортных средств, выпускаемых в обращение».

В соответствии с пунктом 7 Общего технического регламента, выпускаемые в обращение транспортные средства (шасси) (кроме единичных транспортных средств) должны соответствовать природно-климатическим условиям Республики Узбекистан.

Оценка приспособленности к природно-климатическим условиям Республики Узбекистан проводится в соответствии с национальным стандартом O'zDSt 3311:2018 «Типовая программа и методика проведения контрольных климатических испытаний транспортных средств в природно-климатических условиях Республики Узбекистан», который введен в действие с 18.04.2018 г.

Настоящий стандарт устанавливает типовую программу и методику проведения контрольных климатических испытаний транспортных средств категорий M, N и L, а также специальных и специализированных транспортных средств изготовленных на базе шасси ТС указанных категорий в природно-климатических условиях Республики Узбекистан при проведении предварительных (доводочных), приёмочных и сертификационных испытаний опытных образцов и контрольных испытаний серийных образцов ТС.

Объём испытаний предусмотренный данным стандартом включает в себя:

- приёмку ТС на испытания и подготовку к испытаниям;
- проверку температурных режимов основных агрегатов и систем;
- проверку пусковых качеств двигателя ТС;
- проверку скоростных свойств ТС;

- проверку топливной экономичности ТС;
- проверку эффективности тормозных система ТС;
- проверку концентрации загрязняющих веществ в кабине и пассажирском помещении;
- проверку пыленепроницаемости кабины и салона;
- проверку микроклимата рабочего места водителя и мест расположения пассажиров;
- проверку содержания вредных веществ и дымности в отработавших газах;
- проверку работоспособности спецоборудования, установленного на ТС;
- проверку приспособленности ТС к эксплуатации в горных условиях перевала «Камчик»;
- пробеговые испытания (оценка безотказности);
- оценку технического состояния ТС (в конце испытаний).

А также требования к объекту испытаний, дорожным условиям проведения испытаний, метеорологическим условиям проведения испытаний, средствам измерений и испытаний, технике безопасности, установке средств измерений на ТС, техническому обслуживанию ТС, условиям хранения ТС в период испытаний.

Так же в стандарте приведены методы проведения испытаний и оформление результатов испытаний.

Стандарт учитывает природно-климатические условия и особенности территориального расположения республики, устанавливает программу и методику проведения контрольных климатических испытаний транспортных средств, а также специальных и специализированных транспортных средств изготовленных на базе шасси ТС. Если рассматривать стандарт в целом, то можно сделать вывод, что типы климатических испытаний, а также методики их проведения основаны на требованиях, изложенных в действующих межгосударственных стандартах. Так же следует отметить, что контрольные климатические испытания ТС на каждом из этапов их проведения могут включать части других видов испытаний, таких как оценочные, эксплуатационные, исследовательские, а также специальные.

Испытания называют оценочными, если при оценке качества не требуется определение значений параметров и показателей с заданными значениями точности и достоверной вероятности. При эксплуатационных испытаниях дают оценку возможности работы автомобиля в условиях эксплуатации (в различных климатических и дорожных условиях), собирают данные по надёжности, уточняют параметры, необходимые для нормирования расхода горюче-смазочных материалов, периодичности технического обслуживания, потребности в запасных частях. Исследовательские испытания проводят для изучения рабочих процессов механизмов, агрегатов и систем, эксплуатационно-технических свойств, нагрузочных, тепловых и скоростных режимов работы агрегатов автомобиля, и т. д.

По полученным результатам проверяют правильность теоретических расчётов и исследований, намечают пути совершенствования и развития конструкций, обосновывают оптимальные решения при создании новых образцов и модернизации ТС. Во время специальных испытаний проверяют, соответствует ли ТС специфическим требованиям: выявляют способность работать в особых условиях (в северных районах, в условиях жаркого и сухого климата, в высокогорных районах), определяют пригодность к перевозке специальных грузов и т.п.

На основании результатов проводимых контрольных климатических испытаний ТС можно получить дополнительное заключение о качестве выпускаемой продукции, что позволяет избежать потерь, связанных с выпуском некачественной продукции.

Таким образом, проблема выпуска качественной продукции является весьма актуальна и носит постоянный характер. Качество сегодня воспринимается уже не как абстрактная категория, а как стратегическая задача, от успешного решения которой во многом зависит стабильность экономики, её место в мировом экономическом пространстве и распределении.

## Использованная литература:

- [1] Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан от 25 апреля 2017 года № 237 «О безопасности колёсных транспортных средств, выпускаемых в обращение».
- [2] ГОСТ 31286-2005 «Транспорт дорожный. Основные термины и определения. Классификация».
- [3] O'z DSt 3311:2018 «НСС РУз. Типовая программа и методика проведения контрольных климатических испытаний транспортных средств в природно-климатических условиях Республики Узбекистан».
- [4] Учебное пособие. «Испытания колёсных транспортных средств», Москва, МАДИ, 2018.

## ВЫБОР ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ ДЛЯ ГОРОДСКИХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

*д.т.н., профессор Мухитдинов А.А., PhD Зияев К.З., ст.пр. Омаров Ж.А.*

*Ташкентский институт по проектированию, строительству и эксплуатации автомобильных дорог, Ташкент, Узбекистан.*

### Аннотация

В данной статье рассмотрен метод разработки нормативного ездового цикла (ЕЦ), оценка энергетической потребности движения на ездовом цикле и выбора энергетически эффективного легкового автомобиля для реальных условий эксплуатации.

*Ключевые слова: метод синтеза, режим движения, нормативный ездовой цикл, энергетическая эффективность расход топлива.*

В настоящее время, одним из базовых условий экономического развития являются энергосбережение и энергетическая эффективность. Следовательно, исследования, направленные на разработку энергетически эффективного и экологически безопасного автомобиля являются актуальными. Оценка конструкции по энергетическому и экологическому показателям осуществляются на нормативных ездовых циклах, характеризующих определенные условия эксплуатации. Известны более 250 нормативные ездовые циклы международного, национального и производственного масштабов [2], которые применяются для оценки определения эксплуатационных свойств автомобилей, проведения ускоренных испытаний по определению прочностных, ресурсных и других характеристик.

В соответствии требованиями нормативных документов топливно-экономические и экологические свойства определяются на магистральных, городских и смешанных ездовых циклах. Кроме этого, показатели базисного расхода топлива автомобилей определяются в определённых соотношениях доли магистрального и городского ездовых циклов в зависимости от назначения транспортных средств.

Методы организации испытаний автомобилей на ездовых циклах могут быть стендовыми, виртуальными, дорожными и/или смешанными в зависимости от цели и задачи исследований.

Показатели расхода топлива и экологичности автомобилей, определённые в принятых нормативных ездовых циклах, не всегда соответствуют значениям, получаемым в реальных условиях эксплуатации. Нормированные ездовые циклы созданы для имитации среднестатистических условий эксплуатации. Конкретные условия могут существенно отличаться от нормированных в ездовых циклах условий. Следовательно, разработка методики определения ездового цикла, характеризующего реальные условия движения автомобиля является актуальной.

В выполненных исследованиях разработана методика построения ездового цикла методом для конкретных условий эксплуатации. Разработан ездовой цикл, имитирующий условия эксплуатации города Ташкента. Метод основан на синтезе режимов движения (фаз ездового цикла: холостого режима работы двигателя, разгона, движения с равномерной скоростью и торможения) легкового автомобиля в городских условиях. Синтез проведен по материалам годового круглосуточного статистического материала по режимам движения более 50 легковых

автомобилей в черте города. Обработка статистических данных осуществлена компьютерной программой [1]. Достоверность результатов по сходимости параметров движения по ездовому циклу и эксплуатации не превысила 5 %.

На основании полученного ездового цикла для условий г. Ташкента разработана программа расчета определения путевого расхода топлива и энергопотребности движения легкового автомобиля.

Построение ездового цикла конкретного условия эксплуатации и программа расчета показателей движения легкового автомобиля позволяют определить наиболее эффективную конструкцию для реальных условий.

Более того, в исследованиях предложена методика относительного сравнения нормированных ездовых циклов по энергопотребности движения – сложности движения автомобиля.

Ездовые циклы отличаются параметрами движения долями фаз режимов движения. Увеличение доли фаз неравномерного движения в цикле приводит к повышению расхода топлива, увеличению энергии потребления, определяет сложность цикла. Исходя из этого, в качестве критерия оценки сложности ездовых циклов предлагается относительный расход топлива, который определяется следующей формулой

$$\gamma = \frac{Q_{ец}}{Q_{ср}},$$

где  $Q_{ец}$  – расход топлива в ездовом цикле легкового автомобиля, г;

$Q_{ср}$  – расход топлива легкового автомобиля при прохождении расстояния ездового цикла со средней скоростью ездового цикла, г.

Расход топлива в городском ездовом цикле  $Q_{ец}$  составляет

$$Q_{ец} = \sum G_c + \sum G_{ср} + \sum Q_{уск}.$$

где  $G_c$  – расход топлива в режиме холостого хода двигателя, г;

$G_{ср}$  – часовой расход топлива при движении с постоянной скоростью, г;

$Q_{уск}$  – расход топлива в режиме ускорения, г.

Расход топлива легкового автомобиля при прохождении расстояния ездового цикла со средней скоростью ездового цикла определяется следующим образом

$$Q_{ср} = \frac{N_T \cdot g_e}{\eta_{TP} \cdot 3600} \cdot t.$$

Сложность ездового цикла, определенная по предложенному критерию показала разную приспособленность автомобиля Gentra по расходу топлива к условиям эксплуатации (рис.1). Согласно выражению, сложность ездового цикла в конкретных городских условиях облегчается путем совершенствования организации дорожного движения и транспортной инфраструктуры города. Данной методикой можно воспользоваться для выбора более приспособленного автомобиля к имеющимся условиям движения.

На основании вышеизложенной методике выполнено сравнение автомобилей Gentra, Spark, Cobalt (табл.1) по ездовому циклу города Ташкента.

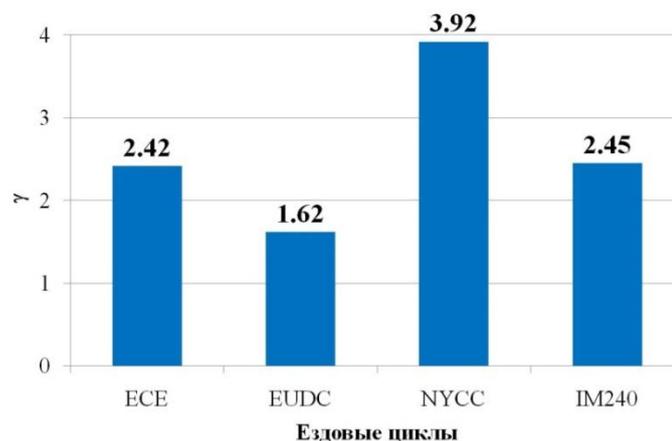


Рис.1. Сравнение сложности нормативных ездовых циклов на примере автомобиля Gentra.

Таблица 1

Сравнение эффективности трех автомобилей по ездовому циклу г.Ташкента

Марка авто-мобиля	Время, с	Расстояние, м	Средняя скорость м/с	Расход топлива на ездовом цикле		Расход топлива с постоянной скоростью		γ
				мл	л/100 км	мл	л/100 км	
Spark	200	1456	7.3	97.7	6.7	45,5	3,1	2,15
Cobalt				121.7	8.3	56,5	3,9	2,15
Gentra				122.9	8.4	58,0	4,0	2,12

По таблице можно сказать, что автомобиль Gentra – 2,12 по своим конструктивным параметрам является более приспособленным для условий г.Ташкента.

Применение предложенной методики для выбора наиболее приспособленного легкового автомобиля для городских условий движения повышает энергетическую эффективность эксплуатации автомобилей и способствует улучшению атмосферы окружающей среды города.

### Литература

- [1] Зияев К.З. Автомобиль ҳаракат режимларини синтез услуби билан меъёрий ҳаракат циклини яратиш. Дис. ... докт. фил. по техн.наук. PhD. – Ташкент: 2017. – 136 стр.
- [2] Barlow T.J., Latham S., McCrae I.S., Boulter P.G. A reference book of driving cycle for use in the measurement of road vehicle emission // Published Project Report PRP354. – 2009. – 276 p.

## АНАЛИЗ СООТВЕТСТВИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ К УСЛОВИЯМ ЭКСПЛУАТАЦИИ В ПУСТЫННО-ПЕСЧАНОЙ МЕСТНОСТИ

*Ж.Р.Кульмухамедов, Ташкентский автомобильно дорожный профессиональный колледж, г.Ташкент, Узбекистан.*

*Р.С.Хикматов, Ташкентский автомобильно дорожный профессиональный колледж, г.Ташкент, Узбекистан.*

*А.Р.Саидумаров, НПЦ «Узавтотранстехника», г.Ташкент, Узбекистан.*

### Аннотация

В данной работе проведен анализ соответствия технических параметров АТС к условиям в пустынно-песчаной местности.

Приведены результаты оценки приспособленности каждого АТС и сравнение их между собой по степени снижения показателей тягово-скоростных свойств и топливной экономичности.

*Ключевые слова: приспособленность, эффективность, условия эксплуатации, установившаяся скорость, максимальная скорость, преодолеваемый подъем*

Вначале необходимо установить, какие значения температур окружающей среды ( $T_{\text{окр.ср.}}$ ) являются наиболее характерными при колебаниях среднемесячных температур в течение года. Это было осуществлено с помощью табл. 1 [1,2,3], в которых представлены значения среднемесячных  $T_{\text{окр.ср.}}$  за один год в регионе пустынно-песчаной местности и помещены данные средних температур по близким их группировкам, а также коэффициенты взвешенности каждой группы.

Таблица 1

Месяцы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Окр.ср.	12	16	22	25	35	39	41	39	34	26	20	15
	18			30		40			30		18	
Коэффициент взвешенности	0,25			0,17		0,25			0,17		0,17	

Как видно из табл. 1 значения среднемесячных  $T_{\text{окр.ср.}}$  можно разделить на три группы:  $T_{\text{окр.ср.}} = +18$ ;  $+30$  и  $+40^\circ\text{C}$  эти группы достаточно полно характеризуют колебания среднемесячных температур в течение года.

Для решения вопроса в соответствии технических параметров исследуемых АТС конкретным условиям эксплуатации (по температуре окружающей среды) определяются значения предельных граничных температур  $T_{\text{окр.ср.}}$ , при которых автопоезда перестают выполнять требования ГОСТ 21389-89(ТУ).

Результаты соответствующих расчетов позволили установить для автопоезда ЗиЛ-4331 следующее:

- при  $T_{\text{окр.ср.}} \geq +31^\circ\text{C}$  автопоезд имеет максимальную скорость  $U_{\text{max}} = 85$  км/ч;
- при  $T_{\text{окр.ср.}} \geq +30^\circ\text{C}$  установившаяся скорость на затяжном подъеме в 3%  $U_{\text{уст}} \leq 35$  км/ч;
- при  $T_{\text{окр.ср.}} \geq +29^\circ\text{C}$  максимальный преодолеваемый подъем  $i_{\text{max}} \leq 18$  км/ч.

Следовательно, уже при  $T_{\text{окр.ср.}} \geq +30^\circ\text{C}$  автопоезд не соответствует требованиям ГОСТ 21398 (ТУ), а это в свою очередь означает, что в течение семи месяцев в году автопоезд будет иметь меньшую производительность, чем в типичных условиях эксплуатации в средневропейской части России.

Это не подтверждается при анализе топливно-скоростных характеристик автопоезда в процессе его эксплуатации на типичных магистральных дорогах пустынно песчаной-местности при трех разных температурах окружающей среды (табл. 2).

Таблица 2

Результаты математического моделирования для автопоезда

ЗиЛ-4331+ГКБ-8350 ( $U_0=5,29$ ;  $m_{\text{ан}}=23,5\text{т}$ )

$U_{\text{доп}}$ км/ч	$T_{\text{окр}} = +18^\circ\text{C}$			$T_{\text{окр}} = +30^\circ\text{C}$			$T_{\text{окр}} = +40^\circ\text{C}$		
	$U_{\text{ср}}$ км/ч	$Q_s$ л/100км	$\eta_{\text{эф}}$	$U_{\text{ср}}$ км/ч	$Q_s$ л/100км	$\eta_{\text{эф}}$	$U_{\text{ср}}$ км/ч	$Q_s$ л/100км	$\eta_{\text{эф}}$
30	30,37	30,68	0,99	30,36	33,44	0,91	31,0	37,96	0,8
40	40,33	30,51	1,32	40,24	32,67	1,23	40,23	37,44	1,08
50	50,08	31,29	1,6	49,37	34,09	1,46	49,49	38,87	1,27
60	59,1	30,35	1,95	58,57	33,58	1,74	57,51	44,23	1,3
70	68,49	33,11	2,07	67,27	36,44	1,85	65,63	47,74	1,38
80	76,63	34,0	2,25	75,95	37,22	2,0	72,02	47,39	1,52
90	82,93	36,54	2,27	80,79	40,16	2,01	69,72	48,34	1,37

Как можно заметить из результатов приведенных в таблице соответствующие кривые на всем диапазоне изменения  $U_{\text{доп}}$  имеют различный характер, причем наиболее информативная зависимость  $\eta_{\text{эф}} = (U_{\text{доп}})$  при  $T_{\text{окр.ср.}} = +18^\circ\text{C}$  показывает непрерывное увеличение  $\eta_{\text{эф}}$ , а когда  $T_{\text{окр.ср.}} \geq +30^\circ\text{C}$  имеет максимум при  $U_{\text{доп}} = U_{\text{max}}$ , при  $T_{\text{окр.ср.}} = +40^\circ\text{C}$  имеет максимум в случае  $U_{\text{доп}} = U_{\text{max}}$ .

Это позволяет сделать обоснованное заключение, что в заданных условиях эксплуатации стандартный автопоезд ЗиЛ не имеет достаточного запаса ТСС и ТЭ, т.е. полностью исчерпает свою потенциальную конструктивную эффективность уже при  $T_{окр.ср.} \geq +30^{\circ}\text{C}$  и, следовательно, не приспособлен к типичным магистральным условиям эксплуатации в пустынно-песчаной местности.

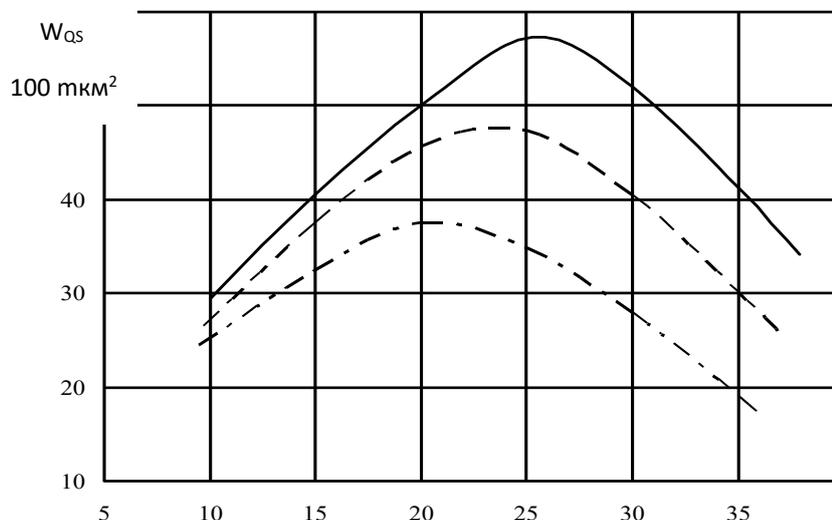


Рис.1 Зависимости  $W_{QS}$  от  $m_{ан}$  автопоезда ЗиЛ-4331+ГКБ-8350 при различных  $T_{окр}$  при  $U_0 = 5.29$

$$T_{окр} = 18^{\circ}\text{C}; \quad T_{окр} = 31^{\circ}\text{C}; \quad T_{окр} = 43^{\circ}\text{C};$$

Анализ графика рис.1 [4,5,6] позволяет установить, что при стандартной полной массе  $m_{ан}=23,5$  т автопоезд при повышении  $T_{окр.ср.}$  от  $+18^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$  снижает свою конструктивную эффективность на 19,1%, а с учетом изменения  $T_{окр.ср.}$  в течение года – годовую эффективность на 12,08%.

Расчеты для автопоезда КамАЗ-5410+ОдАЗ-9370 показали, что при полной нагрузке:

- при  $T_{окр.ср.} \geq +31^{\circ}\text{C}$  автопоезд имеет максимальную скорость  $U_{max} = 85$  км/ч;
- при  $T_{окр.ср.} \geq +30^{\circ}\text{C}$  установившаяся скорость на затяжном подъеме в 3%  $U_{уст} \leq 35$  км/ч;
- при  $T_{окр.ср.} \geq +29^{\circ}\text{C}$  максимальный преодолеваемый подъем  $i_{max} \leq 18$  км/ч.

По степени снижения показателей ТСС, ТЭ и эффективности можно оценить приспособленность каждого АТС и сравнить их между собой. Автотранспортные средства, удовлетворяющие требованиям ГОСТа при более высокой температуре, больше приспособлены и при равных условиях более предпочтительны для эксплуатации в пустынно-песчаной местности (предварительный вывод – без учета интегральной эффективности, экономической, т.к. надо знать первоначальную стоимость автомобиля).

#### Список литературы:

- [1] Исследование влияния температурного поля воздушного потока в подкапотном пространстве на режим работы некоторых агрегатов двигателя. Отчет НИИР //Ташкент.автом.-дор.ин-т (Кульмухамедов Д.Р., Хикматов Р.С., Эрбеков Ш.И. и др.) № ГР 018700 39 578. – 69 с.
- [2] Техническая справка. Определение эффективности функционирования средств нормализации микроклимата КАВЗ-327.010. Лабораторно-дорожные испытания автобуса КАВЗ-327.010 (Южная модификация) в условиях Средней Азии. Отчет А 6914. ЦНИАП НАМИ. – Дмитров, 1986. – с. 289-295.

- [3] Техническая справка. Разработка методов и средств испытаний и исследований автомобильной техники в условиях жаркого (в т.ч. тропического) климата и высокогорной местности. Отчет А 5358. ЦНИАП НАМИ. – Дмитров, 1985. – 345 с.
- [4] Фаробин Я.Е., Кульмухамедов Д.Р., Эрбеков Ш.И. Влияние температуры окружающей среды на производительность автопоездов. //Автомобильная промышленность, 1992. - № 12. – с. 8-9.
- [5] Фаробин Я.Е., Штулас В.В., Шехиров С.Е. Методика определения сопротивления качению и аэродинамического сопротивления автомобиля по экспериментальным параметрам выбега. //Известия ВУЗов. – 1986. - № 9. – с. 9-11.
- [6] Фаробин Я.Е., Журавлев А.А. Обобщенный показатель оценки совершенства конструкции грузовых автотранспортных средств. Сб.научн.тр. Повышение эксплуатационных свойств автотранспортных средств. Моск.авто.-дор.ин-т. – М., 1984. – с. 56-63.

## OPTIMIZATION PLACEMENT OF SOME NETWORKS SERVICE OBJECTS OF PRIVATE VEHICLES

*E.B. Khaltursunov*

*Turin Polytechnic University in Tashkent, Uzbekistan*

### Abstract

Here presents are research and developed mathematical models, algorithms and programs for optimizing the placement of networks of individual vehicle maintenance institutions, both in urban development and in rural areas, are described. a toolkit for generating options for organizing a UO network that takes into account the existing planning structure of the building.

*Key Words: Network of service objects (NSO), service facilities (SF), optimal solution, service areas (SA), multi-storey car park network, network of refuelling stations, capacity, power, mathematical model (MM), methods, algorithm.*

INTRODUCTION AND PROBLEM DEFINITION. As you know civil and industrial engineering around the world is given serious attention, because of its development depends not only on building national wealth, but also the solution of many social and economic issues. These industries provide a reproduction of fixed assets in all sectors of production and non-production spheres, as well as its own development. The development of the construction of places for the permanent and temporary storage of individual vehicles is an acute and topical problem not only in the cities of the Republic of Uzbekistan, but also in all CIS countries, as evidenced by the current construction of multi-storey car parks in Tashkent city.

Everyone knows that the high cost of lands of the surrounding cities of Central Asia, agricultural land use due to its high productivity, superior, such as 15-25 times the corresponding figures of Belarus and the Baltic States.

The sprawling urban areas lead to additional capital and operating costs due to:

- extension of transportation and utilities;
- increase in the rolling stock of public transport;
- increase in population loss of time for transport movements;
- compensation due to withdrawal of additional valuable in respect of agricultural land, etc.

An alternative to this process is, firstly, the increase in housing density (construction of high-rise buildings, increase capacity of objects of cultural and community services, etc.). Second, the rejection of the construction of one-storey car parking (construction in residential areas with unfavourable sanitary and criminal point of view, do not represent the architectural and aesthetic value), occupying a considerable area districts (more than 5% of the district) and the construction of multi-storey car parks.

The scientific and technological revolution and progress in the field of building construction is complicated and expands the scope of activities of the architect and urban planner. Methods of architectural design and urban problems require solutions improve the feasibility study of the project tasks, allowing analysing complex urban issues as a whole, to ensure strengthening of complexity and targeting of design and planning decisions.

For the construction of the objects of research is necessary to develop projects of the organization of their networks that address the following related tasks:

- determine of the minimum necessary number of objects;
- optimization of their location in the city, residential development;
- determining the service areas and the power of each of them,
- and, given the serious limitations of the complex and factors (described later in the paper).

The solution of these problems to a large extent due to the use of mathematical methods and CAD, which in turn improves the quality and validity of design solutions, reducing the time and the complexity of the project. All this leads to the importance and relevance of the research.

The aim of the study is the formalization of mathematical modelling and optimization of the planning and deployment of the system of a number of networks of service objects (NSO) of private vehicles in rural areas and cities. The developed mathematical and software system designed for a wide range of applications for the organization of the NSO - analysis of existing NSO, their reconstruction and development of the design of the new network.

This aim has led to the need to solve the following tasks:

- analysis of mathematical models of accommodation facilities and objects of different groups of service industries;
- classification of the problems solved in the organization of NSO;
- development of the concept of implementation of tasks to optimize the NSO city;
- development of synthesis algorithms options organization of the objects of service networks;
- experimental testing of algorithms implementation of tasks by the developed and existing software, on specific examples of NSO to confirm the basic theoretical assumptions and the effective NSOs of the proposed approach.

Scientific novelty of the research is to create a toolkit generation variants of organisation NSO in the city or in rural areas, taking into account the existing planning structure development; in the formalization of targets and the development of a new concept of the implementation of the resolution of problems, creation of efficient algorithms, using as an optimizer method for determining the smallest externally stable set of the graph, the method of random search global extremum multi-parametric, multi-objective functions and multi-criterial evaluation of the generated options NSO to identify the best of them.

As you know the service industry integration sharing service for five major groups: administrative, social, cultural, educational and entertainment, medical and health, sports, trade, household and public recreation.

The structure and composition of the objects and enterprises of public service network is determined by the specificity of this type of service, the requirements of the development of the system as a whole, the specific features of the local population living conditions, size and architectural and planning structure of residential areas.

NSO on the specifics of the operation is divided into: single-level service; multi-level services.

For a single-level network services include a broad class facilities and service facilities. For example, in health care - pharmacy, ambulance, specialized hospitals, maintenance facilities - refuelling distribution stations, boiler houses, temporary buildings and structures at the site and buildings of railway stations, multi-storey car parks, commercial enterprises, etc.

For multi-level network services include the following objects: dispensaries and health centres, general hospitals, schools, etc.

Although the design of NSO solved the problem of the same type, but because of the need to consider the specifics and operation, they cannot be reduced to one or a number of mathematical models.

On the basis of studying the processes of functioning of the studied NSO (single-level - a network of multi-storey car parking private vehicles, refuelling stations network, multi-level outpatient and school networks in rural areas [1,2,3]) proposed a mathematical model generating options for NSO, implemented a three-pronged objective (to determine the optimal amount, placement, service areas and ES capacity at each level of service), which is characteristic for this class of problems. Although it varies depending on the particular ES (an algorithm for determining the smallest externally stable set of the graph, the simplex method of linear programming algorithm is a random search, a potential method, and others.), but in all cases the backbone is an algorithm for determining the smallest externally stable set of the graph [1], modification of which is developed in relation to this class of problems.

**PROBLEM SOLUTIONS.** In general, the task of placement NSO is the following: it is necessary to determine the optimum quantity of each service level, the service area and the power (capacity and placements). The mathematical formulation of this class of problems is as follows.

Given a set of settlements (housing estates)  $\{a_1, a_2, \dots, a_n\} = A$ , a multiplicity the residents in these  $\{q_1, q_2, \dots, q_n\} = Q$ , road network with distances between nodes -  $[L]_{mn}$ , the possible placement of service objects -  $\{m_1, m_2, \dots, m_n\} = M$ ,  $n$  – the number of settlements. It is necessary to determine the quantity of service objects (SO)  $\xi$ , placements of these objects  $x_i^* y_i^*$ , each object's service area

$$\{a_1, a_2, \dots, a_n\} = A, A_1 \subset A,$$

$$\{a_{m+1}, a_{m+2}, \dots, a_k\} = A_2, A_2 \subset A,$$

.....

$$\{a_{s+1}, a_{s+2}, \dots, a_n\} = A_\xi, A_\xi \subset A,$$

$W_i$  - capacity service facilities (power).

The criterion is  $\Phi = f(A, Q, M, V, L)$ , where  $V$  – the necessity for this type of object service facilities. That is the problem, as a rule, multi-criteria. So, when designing of object service network criteria are:

- capital expenditures for the construction of object service of service based on the equipment;
- summary distance to service objects of all levels of service;
- annual cost of maintaining the staff.

Restrictions following tasks:

$$P_{\min} \leq P_i \leq P_{\max};$$

$$A_j = \begin{cases} 1, & \text{if residential area entered into service zone,} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}; L_{ji} \leq R \text{ and others,}$$

where  $P_{\min}$  and  $P_{\max}$  — minimum and maximum allowable capacity,  $L_{ji}$  – distance from  $j$  - th residential area to  $i$  - th SO,  $R$  — admissible service range.

Formalized problem, mathematical models, algorithms and software that allowing to generate variations any service network in rural areas, with both high and low density of population [2].

The structure and content produced by the database system, which is the basis for the generation of multi-storey car parking and refuelling stations networks in urban area. It collected and systematized materials on the modern designs of multi-storey car parking and refuelling stations (capacity, capital

costs for their construction, annual operating costs for the maintenance personnel, equipment costs, etc.), a digital model of the road network, tariffs on transportation by buses of the population, regulations on the number of people visiting annually dispensaries and clinics all levels of service, the demographic structure of the population, and other standards building norms and rules.

**CONCLUSIONS:** Developed the mathematical models, algorithms and software for the generation of multi-storey car parking and refuelling (oil, gas, electric) stations networks [1].

The problem of definition of the best variant of the organization of car parking network and refuelling stations of an urban planning is realized by generation of some variants of the organization of a network of refuelling stations of an urban planning with use of the technique developed by authors' multilevel multi-criteria estimations of projects [2,3]. For the purpose all indicators of variants reduced in the summary table, expert's the weight factor of each of them is defined. Indicators, of variants on which in multi-criteria to statement, the best variant of the organization of a network finally defined, reflect the economic, social, economic, and urban planning requirements shown to refuelling stations network.

Developed toolkit of multi-level multi-criterion estimation indicators variants of NSO and to determine the best of them, including: an estimation of multiple parameters of variants for a quantity of optimality criteria (criteria Wald, Hurwitz, Laplace, Savage), involving for the estimation of qualitative indicators of quality control methods; estimation of performance options to the additive criterion, which is one of the ways of the convolution of the vector criterion; assessment of options for a variety of integrated ratings [2,3] has shown to be highly effective.

The basic theories underlying the research, performance and technological rationality developed mathematical software confirmed by the results of implemented tasks on materials from one of regions of Uzbekistan, the application of act and copyright certificates on Intellectual Property Agency of Uzbekistan. Results of the study are the foundation of object-oriented development system designer NSO.

## REFERENCES

- [1] Khaltursunov E. «Optimization of the network multistoried car parking and refilling station in a city building. Analysis. Concept. Methods.», LAP Lambert Academic Publishing, Saarbrücken, DE, 2011, – 160p., ISBN 978–3–8454–7558–5, (in Russian)
- [2] Khaltursunov E. «Modelling and optimization of the organization of a school network. Analysis. Generation. Estimate.», LAP Lambert Academic Publishing, Saarbrücken, DE, 2012, – 176p., ISBN 978–3–659–23164–3 (in Russian)
- [3] Khaltursunov E. «Optimization placement of outpatient network» The methodology of optimization, generation and multi-criteria estimation of design solutions for the selection of the best of them», LAP Lambert Academic Publishing, Saarbrücken, DE, 2018, – 169 p., ISBN 978–613–9–81545–6, (in Russian)

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОМФОРТАБЕЛЬНОСТИ ПОЕЗДОК НА ПАССАЖИРСКОМ ТРАНСПОРТЕ

*Ярашова В.К., к.э.н., Туринский Политехнический Университет в г.Ташкенте*

### Аннотация

Социальные нормы транспорта должны включать транспортную подвижность населения, надежность работы пассажирского транспорта, комфортабельность поездки и др. Пассажир в процессе поездки не должен ощущать транспортную усталость, что обеспечивается в том числе кондиционированием салона при высокой температуре воздуха.

*Ключевые слова: пассажирские перевозки, автомобильный транспорт, социальные нормы транспорта, комфортабельность поездок.*

Главной особенностью транспортной политики в стране должна быть социальная ориентация. Во-первых, это является одним из основополагающих принципов экономических реформ республики. Во-вторых, потребителем как пассажирских, так и грузовых транспортных

услуг в конечном итоге является человек. В то же время его, как налогоплательщика, интересует не объем перевезенных пассажиров или грузооборот, а, например, надежность, безопасность работы транспорта, уровень комфорта, стоимость поездки, доля транспорта в ВВП и совокупных издержках населения, в загрязнении окружающей среды и т. п.

Социальные нормативы применительно к пассажирскому транспорту – это научно обоснованные количественные и качественные характеристики оптимального состояния среды жизнедеятельности региона, зависящие от работы пассажирского транспорта.

В сфере пассажирских перевозок социальные нормы транспорта будут выглядеть так:

Транспортная подвижность населения;

Надежность работы пассажирского транспорта;

Соотношение между общественным и индивидуальным видами транспорта;

Уровень транспортной обеспеченности населения. Он показывает, какая доля населения города проживает вне нормативной зоны доступности;

Комфортабельность поездки;

Доля транспорта в общем загрязнении окружающей среды в регионе;

Уровень развития мускульных видов транспорта.

Уровень ДТП в сфере пассажирского транспорта.

Поездки на городском транспорте нужно рассматривать как непрерывный процесс. Основные станции метро, автобусные остановки и места парковки должны создать условия для замены индивидуального автомобиля на общественный транспорт, который является менее вредным для окружающей среды. Например, в Москве создана система «перехватывающей парковки», которая предоставляет в распоряжение бесплатную или льготную парковку вблизи крупных остановок, побуждая тем самым автомобилистов парковать там свои автомобили и пересаживаться на доступный общественный транспорт.

На сегодняшний момент практически все транспортные ведомства разработали кратко- или долгосрочные стратегии или концепции развития, а предприятия пассажирского транспорта имеют бизнес-планы или бизнес-стратегии на ближайшие 2 – 3 года. Формирование идеи создания новой или кардинального изменения уже существующей фирмы в рамках бизнес-стратегии предприятия проходит несколько этапов, которые можно укрупнять или детализировать в разной степени [1, с.22].

Значительную часть трудовых ресурсов г.Ташкента составляют жители его пригородных зон, которые на дорогу туда и обратно до 3 – 4 ч в день, в то время как сами горожане, по нашим оценкам, – 1,5 – 2,5 ч. Российскими учеными подсчитано, что в условиях Москвы каждый трудящийся совершает в рабочий день в среднем 2,4 передвижения, а общие затраты времени на транспорт составляют около 5 ч, или половину активного свободного времени суток. Таким образом, из 5 ч, предназначенных для всех форм учебы, культурного развития, занятий спортом, воспитания детей, а также многих работ хозяйственно-бытового плана, 50 % отнимает городской пассажирский транспорт [2, с.28]. Непомерно длительное время, ежедневно проводимое пассажиром в дороге, вызывает «транспортную» усталость, что отрицательно сказывается как на работоспособности каждого, так и на выполнении многих жизненно необходимых дел.

Весьма полезным для оценки уровня комфорта и качества работы пассажирского транспорта представляется изучение транспортной усталости и ее последствий. По исследованиям, выполненным профессором Н.В. Правдиным, при увеличении времени поездки в пригородном поезде на 10 мин производительность труда пассажиров снижается в среднем на 4 % [3, с. 150-151]. Надо также учесть, что транспортная усталость влияет на размеры производственного брака. Так, по опубликованным данным, сокращение времени нахождения пассажиров на городском транспорте на 10 мин. снижает производственный брак на 0,8 % [3]. Такую же работу целесообразно проводить по работе пассажирского транспорта в климатических условиях (жаркое лето и сухой зимний мороз) в Узбекистане.

Транспортную усталость создает не только длительное время нахождения пассажиров в транспорте, но и комфортабельность самой поездки. В Узбекистане в условиях жаркого климата необходимым условием создания комфортных условий пассажирам является вентиляция и кондиционирование салона. В настоящее время все скорые, скоростные и высокоскоростные пассажирские поезда на железнодорожном транспорте оборудованы современной системой кондиционирования воздуха. Точно также таксомоторные фирмы в Ташкенте (напр., "My-Taksi", "Яндекс-Такси", "Go-Taksi и др.") и других городах страны обслуживают население современными автомобилями, оборудованными кондиционерами. Однако автобусы и маршрутные такси в этом плане отстают.

Для обеспечения надлежащих условий работы водителя и комфортабельности поездки пассажиров необходимы: защита кабины водителя и пассажирского салона от проникновения пыли, горячего воздуха из подкапотного пространства, отработавших газов, паров топлива; оборудование кабины и салона системой кондиционирования воздуха; термоизоляция крыши кузова пассажирского автомобиля и кабины грузового от действия солнечных лучей, а также кабины и пассажирского салона от двигателя; окрашивание кузова и кабины, особенно их крыш, в светлые тона и т.д.

В соответствии с законом США о чистом воздухе требования, предъявляемые к кондиционерам воздуха в автотранспортных средствах, подготовке технических кадров и программам сертификации в стране, предусматривают подготовку кадров по таким направлениям, как обслуживание и ремонт автомобильных кондиционеров воздуха и аналогичного оборудования, локализация хладагентов, оборудование для работы с хладагентами, степень чистоты хладагентов, экологические последствия высвобождения хладагентов, включая негативные последствия для стратосферного озонового слоя, и ожидаемые в будущем технологические достижения в секторе кондиционирования воздуха в автотранспортных средствах [4].

В Государственном стандарте Российской Федерации «Автотранспортные средства системы отопления, вентиляции и кондиционирования. Требования к эффективности и безопасности» указано, что все автотранспортные средства (АТС) должны быть оборудованы системой вентиляции и системой (системами) отопления кабины, обитаемого помещения. При наличии в конструкции АТС системы кондиционирования и выполнения ею требований, предъявляемых к системе вентиляции, допускается не оборудовать АТС отдельной системой вентиляции. В документе подробно указываются стандарты, которым должна соответствовать система вентиляции в АТС. Однако не оговорены стандарты системы кондиционирования в силу климатических условий России [5].

В Узбекистане в Общем техническом регламенте «О безопасности конструкции автотранспортных средств по условиям эксплуатации» ничего не сказано ни о системе вентиляции, ни о системе кондиционирования [6]. Необходимо внести ясность в стандарты эксплуатации автотранспортных средств, особенно если они используются для перевозки пассажиров.

В качестве рекомендаций по обеспечению комфортабельности пассажирских перевозок хотелось бы указать следующее:

Внести корректировки в государственные стандарты и технические регламенты касательно систем вентиляции и кондиционирования в автомобильных и автобусных салонах;

Обеспечить надлежащее исполнение вышеуказанных нормативных актов и обязать транспортные предприятия оборудовать и использовать кондиционеры в летний период;

При покупке автомобильных кондиционеров обращать внимание на современные мобильные системы кондиционирования воздуха с целью максимального повышения энергоэффективности и сведения к минимуму утечки хладагентов. Для уменьшения отрицательного воздействия на окружающую среду использовать кондиционеры воздуха с системой предотвращения распространения Ф-газов, ППП которых превышает 150, и с объемом утечки более 40 г в год из системы с одним испарителем или 60 г в год из системы с двойным испарителем [7].

## Использованная литература

- [1] Горемыкин В.А., Богомолов А.Ю. Бизнес-план. Методика разработки. 45 реальных образцов бизнес-планов. М.: «Ось-89», 2002. – 864 с.
- [2] Варелопуло Г.А. Критерии качества обслуживания пассажиров. Материалы семинара «Проблемы перевозок населения пассажирским транспортом в крупных городах». М., 1991.
- [3] Правдин Н.В., Негрей В.Я. Прогнозирование пассажирских потоков. М.: Транспорт, 1980. – 222 с.
- [4] Программа Организации Объединенных Наций по окружающей среде. Двадцать седьмое Совещание Сторон Монреальского протокола по веществам, разрушающим озоновый слой Дубай, Объединенные Арабские Эмираты, 1-5 ноября 2015 года.
- [5] Государственный стандарт Российской Федерации «Автотранспортные средства системы отопления, вентиляции и кондиционирования. Требования к эффективности и безопасности».
- [6] Общий технический регламент «О безопасности конструкции автотранспортных средств по условиям эксплуатации».
- [7] DIRECTIVE 2006/40/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 17 May 2006 relating to emissions from air-conditioning systems in motor vehicles and amending Council Directive 70/156/EEC.

## Секция 2 «ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В УСЛОВИЯХ СУХОГО И ЖАРКОГО КЛИМАТА РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН»

### ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ ДЕМПФИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК В ТРАНСМИССИИ КОЛЕСНЫХ МАШИН В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

*Ш.П.Алимухамедов д.т.н., профессор, С.О.Нарзиев ассистент, ТИПСЭАД, г. Ташкент.*

#### Аннотация

Предлагается новый метод и устройство гашения динамических нагрузок в трансмиссии колесных машин в условиях эксплуатации.

*Ключевые слова:* Трансмиссия, модель, демпфер, эффективность.

Способность амортизировать и демпфировать колебания нагрузки, толчки и удары в трансмиссии мобильных машин является важной задачей решение которой приводит к увеличению ресурса её узлов и деталей [1].

Обычно для уменьшения динамических нагрузок в трансмиссии применяют резина - металлические упругие муфты, а также демпферы крутильных колебаний малой жесткости с возможностью регулирования момента трения. (RU2399812).

Недостатком указанных демпферов является большой угол холостого хода (до 200°) торсиона, передающего крутящий момент двигателя, в следствии чего увеличивается время начала движения транспортного средства, в режимах пуска и реверса а также возникновения явления ударного импульса в конце угла закрутки.

Для устранения указанных недостатков предлагается устройство для гашения динамических нагрузок в трансмиссии транспортных средств (рис.1).

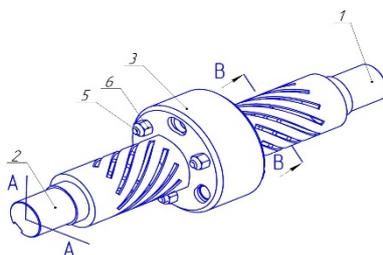


Рис 1. Общий вид демпфера в трансмиссии мобильных машин.

Рассмотрим влияние предложенного устройства на динамические свойства трансмиссии при вынужденных колебаниях крутящего момента.

Для вывода дифференциальных уравнений вынужденных колебаний примем двух массовую динамическую модель трансмиссии (рис.2)

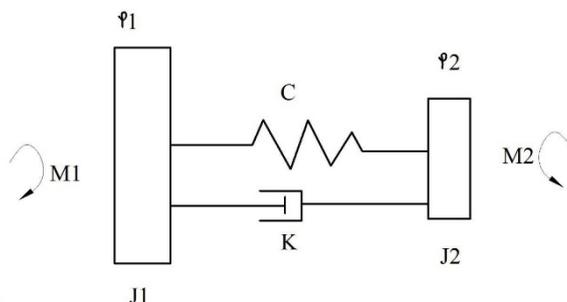


Рис 2. Динамическая модель трансмиссии с упругим элементом.

Для определения амплитуды крутильных колебаний составим дифференциальные уравнения в форме уравнений Лагранжа 2<sup>го</sup> рода

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{dT_i}{dq_i} \right) - \frac{d\dot{I}_i}{dq_i} - \frac{d\varphi_i}{dq_i} = M_i \quad (1)$$

где

$\varphi_i$  - диссипативная функция Релея;  $T_i$  - кинетическая энергия системы;

$\dot{I}_i$  - потенциальная энергия системы;  $q_i$  - обобщенные координаты;

$M_i$  - обобщенный крутящий момент

Подставив значения производных от  $T$ ,  $\Pi$  и  $\Phi$  в уравнение (1) получим:

$$\begin{cases} \ddot{\varphi}_1 + K_1(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) + w_1^2(\varphi_1 - \varphi_2) = \frac{1}{J_1} M_a(\omega) \\ \ddot{\varphi}_2 + K_2(\dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_1) + w_2^2(\varphi_2 - \varphi_1) = \frac{1}{J_2} M_n(t) \end{cases} \quad (2)$$

Предположим, что на приведенную массу  $J_1$  до упругого элемента (муфты) в момент трогания действует кроме постоянной составляющей крутящего момента двигателя единичный импульс.

Тогда дифференциальные уравнения (2) для не установившихся колебаний в системе с начальными условиями  $\varphi_1(0) = \dot{\varphi}_{10}, \dot{\varphi}_1(0) = \dot{\varphi}_{10}, \varphi_2(0) = 0, \dot{\varphi}_2(0) = 0$ , имеют вид:

$$\begin{cases} \ddot{\varphi}_1 + K_1(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) + w_1^2(\varphi_1 - \varphi_2) = \frac{1}{J_1}M(t) \\ \ddot{\varphi}_2 + K_2(\dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_1) + w_2^2(\varphi_2 - \varphi_1) = 0 \end{cases} \quad (3)$$

Для решения уравнений (3) была составлена программа в среде MATLAB SIMULINK [2].

По результатам решения уравнений был построен график зависимости амплитуды колебаний  $\varphi_1(t), \varphi_2(t), \varphi_3(t)$  (рис3), где кривая 1 соответствует амплитуде момента от единичного импульса, кривая 2 угловым деформациям цилиндра 1, кривая 3 угловым деформациям цилиндра 2.

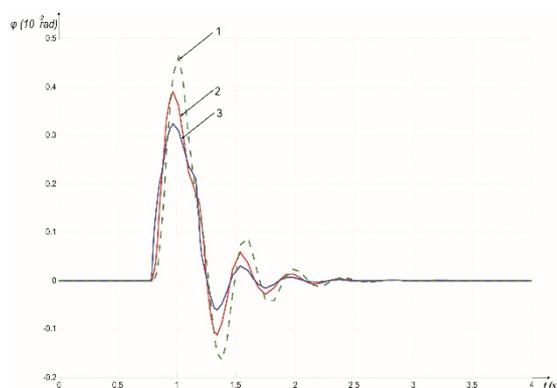


Рис 3. График эффективности демпфера.

Как видно из рис. 3, эффективность динамического гашения импульсной нагрузки составляет 1,5 раза.

### Литература

- [1] 1. С.О.Нарзиев, Ш.П.Алимухамедов, Ш.И.Хикматов, А.А.Ахмедов. Устройство для гашения динамических нагрузок в трансмиссии транспортных машин. UZ IAP 05524
- [2] 2. S.Eshkabilov, K.Ahlin. MATLAB Applications for Mechanical Engineering Students. Stockholm-2010. US-AB/ 344 p.

## ВЛИЯНИЕ ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЙ НА ДВИЖЕНИЕ КОМБАЙНОВ ПРИ УБОРКЕ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР

*д.т.н. Астанакулов К.Д. – ТИИИМСХ, докторант О.Ш.Очилдиев – ИМЭСХ, г.Ташкент, Узбекистан.*

### Аннотация

В статье приведены результаты теоретических исследований по определению нагрузки на ходовую часть и сопротивления движению комбайна при уборке масличных культур в зависимости от микрорельефа и угла наклона поля, свойств почвы, а также от степени заполнения зернового бункера.

*Ключевые слова: поле, неравномерность, комбайн, масса, масличные культуры, сопротивление движению.*

Масличные культуры в Узбекистане выращиваются более чем на 120 тыс. га площади. Из них соя выращивается как основная так и повторная культура на более чем на 30 тыс. га площади, а

подсолнечник больше чем 20 тыс. га. На остальных площадях выращивается сафлор в основном на богарных землях.

Одним из важных и ответственных периодов в производстве масличных культур является уборка, которую необходимо своевременно и качественно осуществить. Из-за благоприятных погодных условий в республике масличные культуры убираются однофазным способом с помощью зерноуборочных комбайнов.

Во время уборки на качество технологического процесса работы комбайна влияют ряд факторов, в том числе и полевые условия, которые негативно влияют на показатели работы уборочных машин [1].

Если соя и сафлор убираются зерноуборочным комбайном оснащенным зерновой жаткой, то при уборке подсолнечника должны применяться специальные или переоборудованные жатки. На сегодняшний день в республике эксплуатируются различные марки зерноуборочных комбайнов производства компаний CLAAS (Dominator-130, Mega-240, Tucano-430), New-Holland (TC-5060), Case (Case-2366, Case-5580), Ростсельмаш (Дон-1500, Дон-Вектор) и другие.

Краткая техническая характеристика комбайнов приведена в нижеследующей таблице.

*Техническая характеристика зерноуборочных комбанов*

п/н	Наименование показателей	Марка комбайна		
		Dominator-130	New-Holland TC-5060	Case-2366
1.	Марка и ширина захвата жатки, м	C 420 (4,27 м)	Нью-Хол-ланд (4,5 м)	1010 (4,57-7,62 м)
2.	Тип молотилки	барабан	барабан	ротор
3.	Объем зернового бункера, л	3200	5200	5110
4.	Двигатель	Catterpillar 3056E	NEF 6-цилиндровый с турбонаддувом	6-цилиндровый с турбонаддувом
5.	Мощность (EWG 80/1296), кВт (л.с.)	97 (132)	132 (180)	171 (230)
6.	Мощность по (ECE R 24), кВт (л.с.)	92 (125)	125 (170)	160 (215)
7.	Объем бака для горючего, л	200	300	350
8.	Масса комбайна, кг	7830	9600	9880

Во время работы комбайны с одновременным осуществлением технологического процесса находятся в постоянной взаимодействии с почвой, имеющей неравномерную поверхность из-за наличия поливных борозд глубиной 12-16 см. Поэтому при уборке зерновых и масличных культур нагрузка, которая приходится на ходовую часть комбайна существенно меняется в зависимости от рельефа и угла наклона поля, свойств почвы, а также от степени заполнения зернового бункера.

При таких условиях во время движения по полю комбайн должен соответствовать требованиям тяговых показателей, при этом ходовая часть не должна терять сцепных качеств с почвой.

Во время движения на комбайн действуют сумма нижеследующих сил [2]

$$P_{\text{общ}} = P_{\text{к}} + P_{\text{нак}} + P_{\text{и}} + P_{\text{воз}}, \quad (1)$$

где  $P_{\text{к}}$  – сопротивление кручению колеса;  $P_{\text{нак}}$  – сопротивление движению вдоль склона;  $P_{\text{и}}$  – сопротивление сил инерции;  $P_{\text{воз}}$  – сопротивление воздуха.

Во время работы комбайна с учетом увеличения нагрузки на ходовую часть, сопротивление кручению колеса находим из выражения

$$P_{\text{к}} = f_{\text{мп}} (m_{\text{к}} + m_{\text{з}}) g \cos \alpha, \quad (2)$$

где  $f_d$  – коэффициент трения при кручении колеса;  $m_k$  – масса комбайна;  $m_3$  – масса зерна в бункере;  $\alpha$  – угол наклона поля.

Соппротивление движению вдоль склона поля находим из выражения

$$P_{нак} = (m_k + m_3)g \sin \alpha, \quad (3)$$

Если движение комбайна происходит вверх по склону то сопротивление движению увеличивается, а если движение происходит вниз по склону то данная сила наоборот помогает движению.

Находим сопротивление силе инерции во время движения

$$P_u = \lambda(m_k + m_3) \frac{V_k}{t}, \quad (4)$$

где  $\lambda$  – коэффициент учитывающий вращающиеся части;  $V_k$  – скорость движения комбайна. Соотношение  $\frac{V_k}{t}$  является величиной изменения ускорения движения комбайна.

Находим сопротивление воздуха

$$P_{воз} = k\rho F(V_{воз} - V_k), \quad (5)$$

где  $k$  – коэффициент сопротивления воздуха;  $\rho$  – плотность воздуха;  $F$  – площадь сопротивления комбайна;  $V_{воз}$  – скорость воздуха.

С учетом выражений (2) – (5) находим общее сопротивление движению комбайна

$$P_{общ} = (m_k + m_3)g \left[ f \cos \alpha \pm \sin \alpha + \lambda \frac{V_k}{gt} \right] + k\rho F(V_{воз} - V_k), \quad (6)$$

Из данного выражения видно, что чем больше заполняется бункер комбайна тем больше увеличивается нагрузка, приходящаяся на ходовую часть. Это в свою очередь увеличивает сопротивление движению комбайна.

Если учесть что объем бункера для зерна комбайна Dominator-130 составляет 3200 л, то при полном заполнении это даёт дополнительную нагрузку 2,5 т, которая приходится на комбайн. А при полном заполнении бункеров комбайнов New-Holland TC-5060 и Case-2366 дают дополнительную нагрузку соответственно 3,9 т и 3,8 т.

Из этого следует что, дополнительная нагрузка, которая приходится на ходовую часть при полном заполнении зернового бункера для комбайна Dominator -130 увеличивается на 1,31 раза, для комбайна TC-5060 1,38 раза, для комбайна Case-2366 1,38 раза.

### Использованная литература

- [1] 1. Astanakulov K.D., Ochiliev O. Scientific-technical solution of the sunflower harvesting in condition of Uzbekistan // International Forum-2017. Tashkent, 2017. – p. 245-249.
- [2] 2. Гуськов В.В. Оптимальные параметры сельскохозяйственных тракторов. – Москва: Машиностроение, 1966. – 195 с.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПИРТОВ В КАЧЕСТВЕ ДОБАВКИ К АВТОМОБИЛЬНЫМ БЕНЗИНАМ

*Ахмаджанов Р.Н., Сидиков Ф.Ш., Усманов И.И., соискатели (Ташкентский институт по проектированию, строительству и эксплуатации автомобильных дорог)*

### Аннотация

Статья посвящена актуальным проблемам замены стандартных моторных топлив экологически чистыми

альтернативными топливам – композиционных топлив, состоящих из бензинов и спиртов.

*Ключевые слова:* Бензин, спирт, эфир, бутанол.

Использование композиционного топлива, состоящего из базового бензина и добавок из спиртов и эфиров связано, прежде всего, со стремлением ученых и специалистов по замещению стандартных моторных топлив экологически чистыми альтернативными топливами.

Ранее выполненные работы по использованию спиртов, эфиров в качестве моторного топлива или его заменителя, прежде всего, были направлены на улучшение антидетонационных свойств выпускаемых автобензинов [1-7].

В настоящее же время основные исследования в этой области включают вопросы максимального замещения бензинов топливами, синтезированными из различных спиртов и эфиров с улучшенными энерго-экологическими и эксплуатационными показателями.

Обычно разрабатываемые композиционные моторные топлива (бензиноспиртовые или бензиноспиртоэфировые) подвергаются испытаниям на соответствие физико-химическим показателям согласно требованиям соответствующей нормативной документации. Далее проводились стендовые испытания двигателя для определения его соответствующих показателей и характеристик [2].

Для придания комплексного характера выполняемых настоящих исследований они условно разделены на следующие этапы:

1 этап – лабораторные исследования, предназначенные для оценки физико-химических показателей;

2 этап – стендовые испытания, предназначенные для определения энергетических, экологических и других показателей энергетических установок, работающих на композиционных топливах, выбранных по результатам первого этапа исследований;

3 этап – полигонные испытания, предназначенные для получения тягово-скоростных и топливно-экологических показателей транспортного средства, в целях подтверждения полученных результатов стендовых испытаний;

4 этап – эксплуатационные испытания, предназначенные для установления особенностей использования альтернативного топлива в условиях эксплуатации, оценки его влияния на надежность техники, установления возможных изменений в периодичности и в объеме выполняемых технических обслуживаний.

Лабораторные исследования. К лабораторным исследованиям по определению физико-химических свойств были подготовлены композиционные топлива на базе бензинов АИ-80 и АИ-91 с содержанием метанола (1, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 25, 30%), бутанола (5, 10, 15, 20, 25, 30%) и метилацетата (5, 10, 15 %) при их различных соотношениях в составе получаемого опытного моторного топлива.

Однако к полному объему лабораторных исследований по определению физико-химических свойств полученных композиционных топлив были допущены только те, которые выдержали требования стабильности полученной топливной смеси, коррозионной активности (в лабораторных условиях), образования остатков и окислительных образований на рабочих поверхностях бензиновых инжекторов и других частей системы питания двигателя.

В таблице 1 приводятся сравнительные показатели моторных топлив, отвечающие указанным требованиям и допущенные к следующему этапу – стендовым испытаниям.

Таблица 1.

*Показатели бензина и композиционных топлив*

№	Наименование показателей	Бензин АИ-91	Бензин АИ-91+5% метанол	Бензин АИ-91+5% метанола и бутанола, %		
		Норма		10	20	30

1	Детонационная стойкость, октановое число по моторному способу, не менее	82	83,2	84,5	85,3	85,7
2	Массовая концентрация свинца, г на 1 дм <sup>3</sup> бензина, не более	0,013	0,0016	0,0018	0,0019	0,002
3	Фракционный состав:					
	– температура начала перегонки бензина, °С, не выше					
	летнего	35				
	зимнего	не норм.	47	48	49	49
	– 10 % бензина перегоняется при температуре, °С, не выше					
	летнего	75				
	зимнего	55	54	53	51	49
	– 50 % бензина перегоняется при температуре, °С, не выше					
	летнего	120				
	зимнего	105	104	102	100	98
	– 90 % бензина перегоняется при температуре, °С, не выше					
	летнего	190				
	зимнего	160	141	148	150	155
	– конец кипения бензина, °С, не выше					
	летнего	215				
	зимнего	195	177	175	178	181
	–остаток в колбе, % не более	1,5	1,2	1,3	1,4	1,4
	–остаток и потери, % не более	4,0	3,0	3,0	3,0	3,0
4	Давление насыщенных паров, кПа (мм рт.ст.), не более					
	летнего	66,7 (500)	49,1	52	53	54
	зимнего	93,3 (700)				
5	Концентрация фактических смол, мг на 100 см <sup>3</sup> бензина, не более	5,0	2,0	2,5	3,0	3,0
6	Индукционный период, мин, не менее	600	1138	1050	1040	1050
7	Массовая доля серы, % не более	0,10	0,018	0,016	0,014	0,012

Следует отметить, что состав композиционного топлива, состоящего из 5% метанола и 20% бутанола ограничен из-за температуры кипения 50% топлива с целью обеспечения и улучшения динамических качеств двигателя (время разгона автомобиля).

На рис. 1 приводятся кривые разгона базового бензина и указанного выше композиционного топлива.

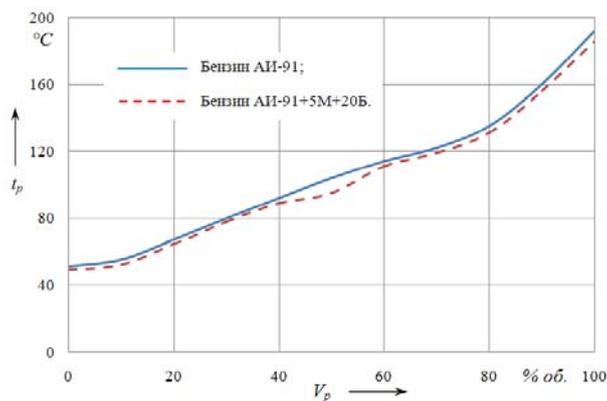


Рис. 1. Фракционный состав (температуры перегонки) бензина и композиционного топлива

Стендовые испытания. К стендовым исследованиям допускались, прежде всего, те композиционные топлива, которые имели требуемую антидетонационную стойкость, стабильную смесь составляющих компонентов, не образующие окислительные налеты (отложения) на рабочих поверхностях инжекторов и других частей (элементов) системы питания.

На рис. 2 приводится внешняя скоростная характеристика двигателя А15VФ автомобиля NEXIA ДОНС, работающего на базовом бензине АИ-91 и на композиционном топливе, состоящем из бензина АИ-91 с содержанием 5% метанола и 20% бутанола.

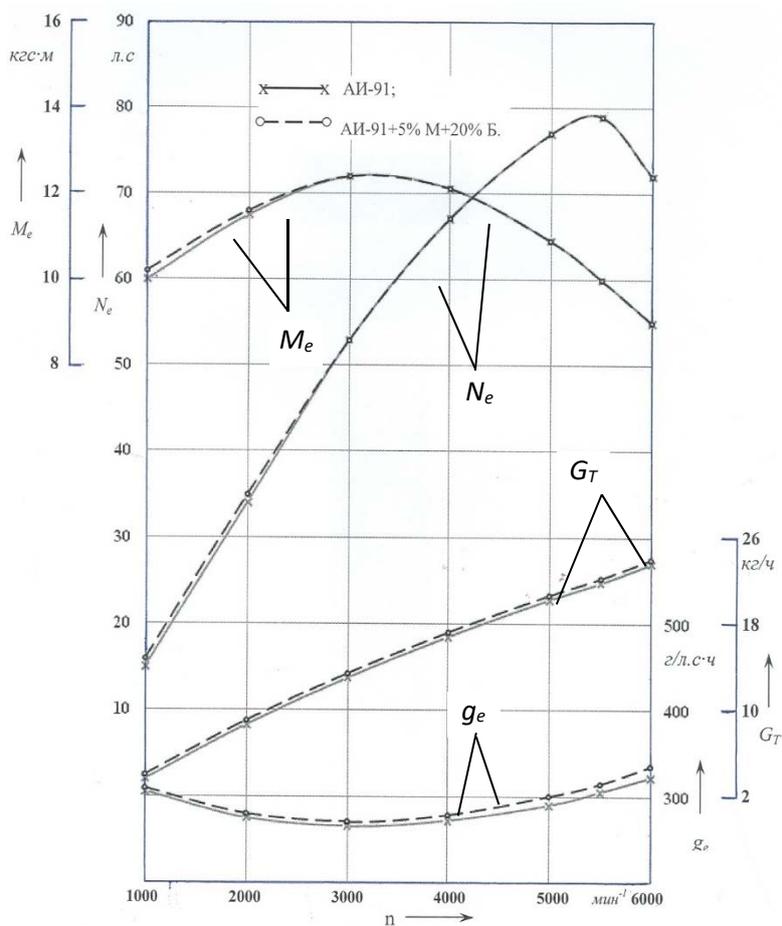


Рис. 2. Внешняя скоростная характеристика двигателя А15VФ, работающего на бензине АИ-91 и композиционном топливе

Как показывают полученные результаты, мощность и топливная экономичность двигателя на композиционном топливе с содержанием 5% метанола и 20% бутанола практически идентичны, как на бензине АИ-91.

Полигонные испытания проводились на испытательных дорогах Южного (Пскентского) полигона и основывались на разработанные для этих целей программы и методики.

Обобщенные результаты данных испытаний приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Обобщенные результаты полигонных испытаний автомобилей MATIZ и NEXIA

№	Автомобиль	Время разгона 100 км/ч, с		Максимальная скорость, км/ч		Расход топлива при 90 км/ч, л/100 км	
		на бензине	на композиционном топливе	на бензине	на композиционном топливе	на бензине	на композиционном топливе
1	MATIZ 4A11	29,17	28,57	114,33	113,27	5,92	5,96
2	NEXIA 1,5 SOHC	19,75	20,25	149,4	147,3	6,34	6,39

Проведенные эксплуатационные испытания различных автомобилей на композиционных топливах 3...5% содержанием метанола выявили следующие особенности:

- более ускоренный выход из строя резинотехнических деталей системы питания;
- засорение фильтров, трубопроводов различными продуктами, смываемыми с поверхностей топливного бака, фильтров, трубопроводов;
- затрудненный запуск холодного двигателя при пониженных температурах окружающей среды;
- некоторое увеличение расхода топлива;
- некоторое отрицательное воздействие на обслуживающий персонал.

## Заключение

Таким образом, можно сделать вывод, что спирты, как добавки к бензинам, обеспечивают улучшение эксплуатационных показателей получаемых композиционных топлив. Наиболее оптимальным является использование композиционного топлива с добавкой к бензину 5% метанола и 20% бутанола, так как при данной концентрации мощность и топливная экономичность двигателя практически идентичны бензиновому двигателю.

## Литература

- [1] Лютко В., Луканин В.Н., Хачиян А.С. Применение альтернативных топлив в двигателях внутреннего сгорания. – М.: МАДИ, 2000. – 311 с.
- [2] Базаров Б.И. Экологическая безопасность автотранспортных средств. Учебное пособие. – Ташкент: ТАДИ, 2005. – 104 с.
- [3] Онейченко С.Н. Применение оксигенатов при производстве перспективных автомобильных бензинов. – М.: Издательство «Техника» ООО ТУМА ГРУПП, 2003. – 64 с.
- [4] Фофанов Г.А. Альтернативные топлива на подвижном составе. – М.: Интекст, 2008. – 144 с.
- [5] Данилов А.М. Применение присадок в топливах для автомобилей. – М.: Химия, 2000. – 232 с.

[6] TSh 39.3-200:2003 и TSh 39.3-203:2004. Бензины автомобильные АИ-91 и АИ-80.

[7] Szybist J.P., Youngquist A. Investigation of knock limited compression Ratio of Ethanol Oak Ridge National Laboratory and Delphi Corporation, 2010. – 22 p.

## РАСПЫЛИТЕЛЬ С ПЕРФОРИРОВАННЫМ ТУРБУЛИЗАТОРОМ ДЛЯ ВЕНТИЛЯТОРНЫХ ОПРЫСКИВАТЕЛЕЙ

*И.А.Аширбеков, Х.Д.Ирисов, Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства*

### Аннотация

В статье теоритические раскрыты основные конструктивные недостатки существующих хлопковых распылителей, дается устройство и принцип работы и эффективность предлагаемого гидравлического распылителя со сменным перфорированным турбулизатором.

*Ключевые слова:* опрыскиватель, распылитель, энергия распыления, кольцеобразное сопло, факел распыла, рабочая жидкость, турбулизатор, основной и локальной поток воздуха, монодисперсные капли.

Патентный поиск, литературный обзор технических средств диспергирования рабочих жидкостей в агропромышленном комплексе показали, что в аграрном секторе многих стран применяются разнообразные конструкции гидравлических распылителей. Однако известные распылители имеют высокую энергоёмкость распыливания, сложны и металлоёмки по конструктивным исполнениям [1-3].

Техническая неэффективность используемых жидких средств химизации (дефолиантов и десикантов) происходит из-за не однородности (монодисперсности) формируемых капель. В современных отечественных хлопковых опрыскивателях марки ОВХ-600 или VP-11В диспергирование (дробления) капель достигается за счет использования кинетической энергии струи подводимой рабочей жидкости, вытесняемой из соплового отверстия распылителей и соосно обтекаемого основного воздушного потока создаваемого хлопковыми вентилятором.

Величина удельной энергии жидкости в них может быть подсчитана по следующей формуле:

$$E_p = \frac{w_{ж}^2}{2} + \frac{w_в^2}{2} = \frac{\varphi_{сж}^2 P_{ж}}{\rho_{ж}} + \frac{\varphi_{св}^2 P_в}{\rho_в}, \quad (1)$$

где  $w_{ж}$ ,  $w_в$  - скорость истечения жидкости и воздуха, м/сек;  $\varphi_c$  - коэффициент скорости;  $P_{ж}$ ,  $P_в$  - перепад давления жидкости в сопловых отверстиях распылителя и вентилятора, Н/м<sup>2</sup>;  $\rho_{ж}$ ,  $\rho_в$  - плотность жидкости и воздуха.

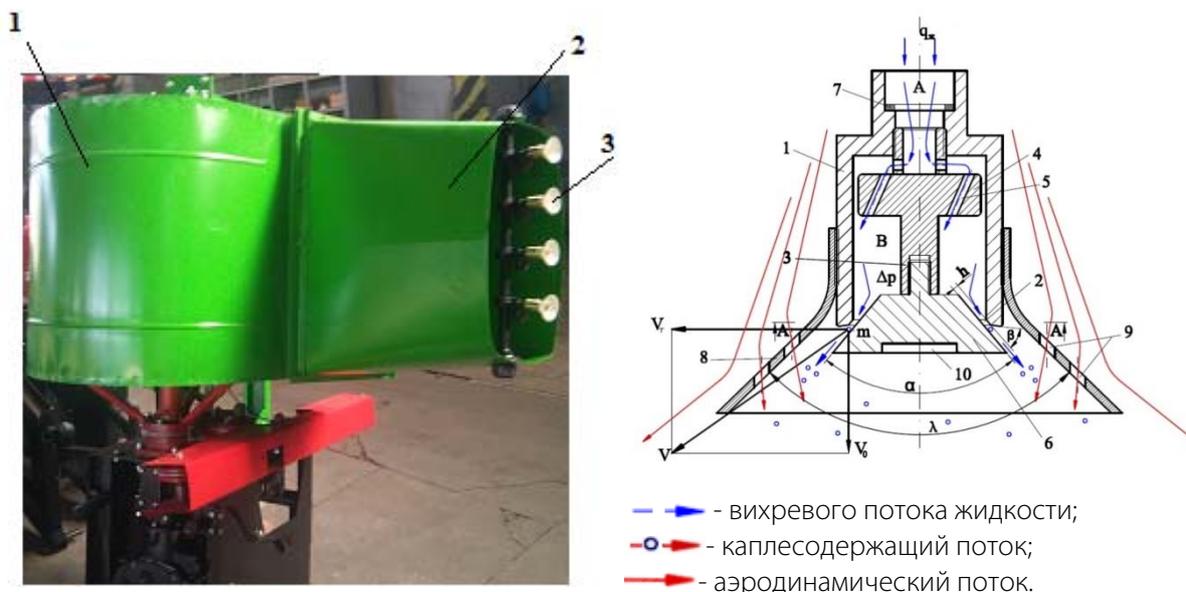
Для улучшения процесса диспергирования рабочей жидкости в хлопковых вентиляторных опрыскивателях нами использована дополнительная кинетическая энергия локального воздушного потока создаваемого самим вентилятором. Тогда полная энергия, которую можно использовать для повышения интенсивности процесса диспергирования подводимой рабочей жидкости будет равна:

$$E_d = E_p + E_{лн}, \quad (2)$$

где  $E_{лн}$  - энергия локального воздушного потока.

Для реализации этих теоретических предположений нами предложена новая конструкция распылителя [4], где основным конструктивным элементом является сменным перфорированный турбулизатор.

Схема технологического процесса диспергирования подводимой рабочей жидкости показана на рис.1.



а)

б)

Рис.1. Общий вид экспериментального вентиляторного опрыскивателя OVX-600M (а): 1- вентилятор; 2- сопло; 3- распылитель с перфорированным турбулизатором; б- схема к сменного перфорированного турбулизатора (где  $V_o, V_t$  и  $V$  – осевая, тангенциальная и результирующая скорости жидкости;  $q_{ж}$  - расход подводимой рабочей жидкости, л/мин;  $\alpha$  – угол раскрытия конусовидного расширителя потока жидкости;  $\beta$  – угол раскрытия факела распыла;  $\lambda$  - угол раскрытия сопла турбулизатора;  $\phi$ - угол поворота тонкой жидкой плёнки в кольцеобразной сопле;  $h$ - высота кольцеобразного соплового канала).

Предлагаемый распылитель состоит из корпуса 1 с выходным кольцеобразным и расширяющимся сопловым каналом 2, центральной трубки 3 с дисковым завихрителем 4 с наклонными каналами 5 для прохода рабочей жидкости, и конусовидным расширителем потока 6 жидкости. Корпус 1 сверху имеет резиновый уплотнитель 7. Корпус 1 оснащен сменным перфорированным конусовидным турбулизатором 8 с наклонными каналами 9 для прохода локального аэродинамического потока. Конусовидный расширитель потока 6 снизу имеет регулировочный паз 10.

Принцип работы распылителя с перфорированным турбулизатором заключается в следующем.

Рабочая жидкость по полости Б корпуса 1 поступает в полость дискового завихрителя 4 и далее тангенциально по его наклонным каналам 5 поступает в камеру завихрения В, затем под действием рабочего давления  $\Delta p$  жидкость переходит в зону кольцеобразного и расширяющегося соплового канала 2, где под действием кинетической энергии вихревого потока подвергается интенсивному диспергированию до исходных капель. Относительно крупные капли в зоне сопла перфорированного конусовидного турбулизатора 8 подвергаются вторичному дроблению. Далее эти полидисперсные капли в зоне установки сменного перфорированного конусовидного турбулизатора 8 под действием локального и мощного соосно обтекаемого аэродинамического потоков подвергаются дополнительному дроблению, то есть дроблению до монодисперсных размеров и далее они под действием мощного аэродинамического потока вентилятора опрыскивается по поверхности посевных культур. Резиновый уплотнитель 7 обеспечивает надежной герметичности соединения гидрокоммуникации.

Качество протекания технологического процесса диспергирования рабочей жидкости регулируется изменением ширины кольцеобразного и расширяющегося соплового канала через регулируемый расширитель потока жидкости, так и путем изменения рабочего давления жидкости ( $q_{ж}$ ) в гидрокоммуникации.

Таким образом, за счет оснащения распылителя со сменным перфорированным конусовидным турбулизатором достигается повышение интенсивности диспергирования подводимой малой порции рабочей жидкости до монодисперсных капель.

Все это в целом повышает технической эффективности используемых рабочих жидкостей и значительно расширяет области их применения и дает народному хозяйству значительный технико – экономический эффект.

#### Использованная литературы:

- [1] Клёнин Н.И., Сакун В.А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. –М.: Агропромиздат, 1980. – 443с
- [2] Ф.Ш.Хафизов, В.Г.Афанасенко, Е.В.Боев. Разработка конструкции устройства для диспергирования жидкости и методики расчета его основных параметров. Журнал «Машиностроение и инженерное образование». Выпуск 3, -М.: МПУ, 2008. –с.48-54.
- [3] Патент РУз. №АР04168 Распылитель, Бюл., №6. 30.06.2010.
- [4] Уведомление № FAP 20180036. Устройство диспергирования рабочих жидкостей. Аширбеков И.А., Ирисов Х.Д.,Ибрагимов Ф.Ф., Хужаев Ж.И. –Ташкент, 2018.

### ПОВЫШЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЬНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ МЕТОДОМ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

*Д.М.БЕРДИЕВ, Ташкентский ГТУ, Узбекистан, e-mail: [ravshan\\_igqisod@mail.ru](mailto:ravshan_igqisod@mail.ru)*

#### Аннотация

В статье рассматриваются результаты проведения циклической термической обработки с целью повышения абразивной износостойкости образцов из стали. Для повышения абразивной износостойкости малолегированных сталей предлагается циклическая термическая обработка при различных температурах. Определенный оптимальный вариант предварительного циклического нагрева до температуры 450°С стали 65Г может обеспечить повышение абразивной износостойкости до 50% по сравнению с обычной индукционной закалкой.

*Ключевые слова: абразивная износостойкость, термическая обработка, циклический нагрев, индукционная закалка, плотность дислокаций, твердость, малолегированная сталь.*

В процессе эксплуатации автотранспортных средств из-за различного типа износа выходит из строя большое количество деталей шестерен и вал-шестерен. От типа износа одним из самых разрушительных является абразивное изнашивание. Из за абразивного износа зубьев шестерен расходуется большое количество металла для изготовления запасных деталей. Поскольку техника становится более сложной, то чтобы обеспечить ее высокоэффективное использование, необходима мощная база для ремонта запчастей.

Работоспособность шестерен определяется по долговечности зубьев. Обычно шестерни изготавливаются из низкоуглеродистой стали (содержание углерода 0,1-0,25%), после заключительной термической обработки - цементации, закалки и низкого отпуска. Увеличение скорости цементации достигается применением цементации в газовых средах. Для данной термической обработки расходуется большое количество электроэнергии и газообразного углеводорода с целью проведения для цементации запасных деталей шестерен в автомобильного машиностроении.

В последующие годы многими исследователями были предложены различные варианты термической обработки детали шестерен, включающие многократный нагрев и охлаждение, в основном, выше точки фазового превращения. Эти варианты термической обработки получили название термоциклической обработки и использовались главным образом для измельчения зерна, снятия внутренних напряжений и на этой основе увеличения прочности и вязкости стали.

Износостойкость сталей зависит в первую очередь от уровня твердости и плотности дислокаций. Одновременно было установлено, что имеются резервы дополнительного повышения износостойкости за счет использования нестандартных режимов термообработки.

Сущность использования нестандартных методов термообработки заключается в создании благоприятных сочетаний структурных параметров при уже достигнутом максимальном уровне твердости. По данным работы [1] циклическая закалка может существенно изменять плотность дислокаций и тем самым влиять на износостойкость и другие механические свойства.

Термический цикл привел к эволюции новой микроструктуры, состоящей из микроскопических кластеров и субмикроскопических сфероидов цементита в матрице мартенсита после трех циклов термообработки [2].

В настоящей работе делается попытка повысить абразивную износостойкость сталей, работающих в условиях абразивного износа, циклической закалкой с индукционным нагревом токами высокой частоты (ТВЧ). Циклическая закалка заключается в многократном воздействии на металлы и сплавы изменений температуры при нагревах и охлаждениях с целью формирования структуры и получения необходимых механических свойств.

### Материалы и методика исследований

Для получения предварительных данных использовали образцы стали 65Г. Химический состав исследуемой стали приведен в табл. 1. В качестве контрольных использовали образцы после обычного индукционного нагрева до 900 °С, охлаждение проводили в масле, отпуск при температуре 180 °С [3]. Образцы для исследования нагревали до различных температур: 450°, 570°, 700 °С, количество повторяемости циклов достигало до 7 раз. Температуры нагрева были выбраны, исходя из существующих режимов термоциклической обработки. После каждого нагрева проводилось охлаждение на воздухе под вытяжкой (ожидаемый способ охлаждения при разработке промышленной технологии). После последнего нагрева до температуры 950 °С проводили закалку в масло и отпуск при температуре 180 °С. Образцы имели размеры 20x20x7 мм. В целях регистрации структурных изменений при циклировании часть образцов исследовалась без окончательной закалки и отпуска. Для термической обработки использованы более современные установки индукционного нагрева ВЧГ2-100/066 (100 кВт, 66 кГц).

Для обеспечения равномерного прогрева образцов скорость нагрева при циклировании ограничивалась 110-120°/с. Для оценки температурно-временного фактора при проведении циклической закалки к образцу припаивалась термопара, подсоединенная к быстродействующему потенциометру для регистрации температуры.

Для сравнения производственных данных выбранные образцы из стали 18ХГТ (таблица 1) подвергали цементации в шахтных печах вместе с садкой из шестерен в цеховых условиях завода АО «Агрегатный завод». Цементация зубьев шестерен производится при температуре 900-950 °С, длительность процесса около 8-10 часов.

Лабораторные испытания на изнашивание проводили при трении скольжения о незакрепленные абразивные частицы кварца на установке ПВ - 7 [4], так как в предыдущих исследованиях нами было установлено сходство рядов износостойкости, т.е. сохранение количественных соотношений относительных износостойкости при испытаниях на установке ПВ - 7 и полевых испытаниях уплотнителя сошника хлопковой сеялки [5]. Относительную абразивную износостойкость определяли сравнением потерь массы контрольного образца (таблица 1). До и после испытаний образец взвешивали на аналитических весах ВЛА - 200М с точностью до 0,1 мг, повторяемость опытов равнялась 5.

Таблица 1

*Химический состав исследуемой стали*

Марка стали	Содержание элемента, % масс.						
	<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>Cr</i>	<i>Ti</i>	<i>S</i>	<i>P</i>
Контрольный образец 18ХГТ	0,18	0,29	1,0	0,98	0,1	0,02	0,02
65Г	0,68	0,25	1,15	-	-	0,03	0,03

Параметры структуры определяли методами световой микроскопии [6], электронной микроскопии и рентгеноструктурного анализа. В частности состояние тонкой структуры

оценивали плотностью дислокаций, определяемой по физической ширине рентгеновской линии интерференции (220) [7].

Циклический нагрев образцов стали 65Г с последующим охлаждением на воздухе способствует сфероидизации исходной пластинчатой структуры стали. Особенно четко эта картина наблюдается при нагреве стали в субкритической области температуры 450°, 570° и 700 °С [8].

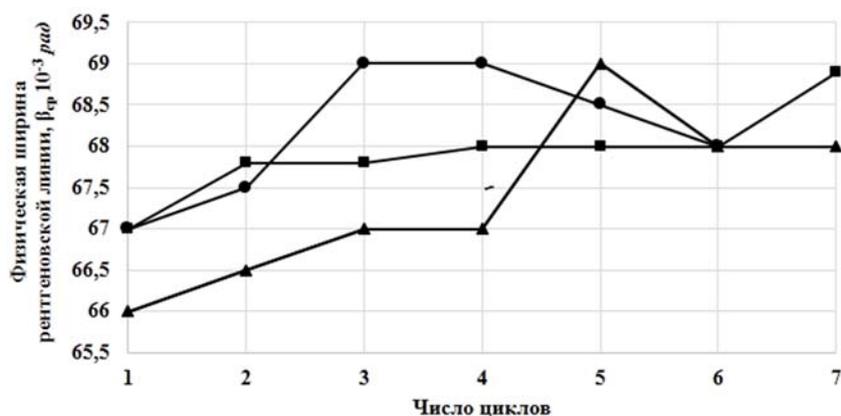
Уровень дефектности кристаллического строения стали 65Г после циклической обработки в интервале докритических температур мало зависит от температуры циклирования и количества циклов. Только нагрев выше критической температуры  $A_{c1}$  с последующим охлаждением на воздухе формировали менее равновесную структуру и повышенную дефектность кристаллического строения.

Несколько иные результаты имеют место при проведении окончательной индукционной закалки и низкого отпуска. Образцы после различных вариантов термической обработки имели одинаковую микроструктуру, величину зерна и твердость (59-60 HRC), отличие имелось в уровне дефектности кристаллического строения (рис.1 а).

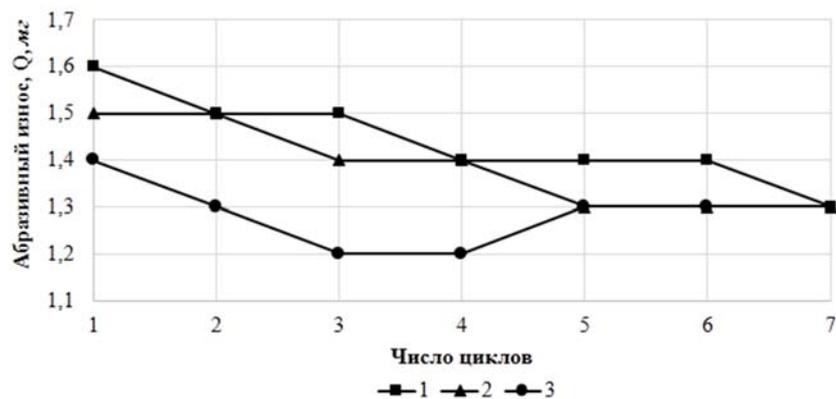
Из рис. 1 а можно обнаружить некоторые преимущества при проведении 2-х-5 циклов при 450 °С. При других температурах предварительной циклической обработки уровень дефектности кристаллического строения получается либо ниже, либо этот эффект не стабилен (например, при 550° и 700 °С).

Наблюдаемые эффекты из рис.1. можно объяснить созданием условий для микропластической деформации из-за интенсивных теплосмен. Наличие второй фазы также способствует микропластической деформации из-за различия термического расширения фаз. Таким образом, происходит развитие дислокационной структуры, а повышенная температура ведет к полигонизации. Полигонизационная структура, хотя и не имеет высокий уровень дефектности кристаллического строения, обладает высокой термической стабильностью. При повторном нагреве, выше точки фазового превращения, полигонизованные структуры обеспечивают создание структур с высокой плотностью дислокаций.

При циклической обработке при температурах более 450 °С интенсивно проходит рекристаллизация и полигональных структур не образуется. Однако индукционная закалка после предварительной циклической обработки при 450 °С не дает существенного роста плотности дислокаций по сравнению с обычной индукционной закалкой. При одном уровне твердости разница физической ширины рентгеновской линии (220) достигает  $5 \cdot 10^{-3}$  рад. (рис. 1 а). Результаты испытаний на изнашивание согласуются с данными микро- и субмикроисследований образцов. Это отличие и сказалось при испытаниях на абразивное изнашивание незакрепленного абразивного материала (рис.1 б).



а)



б)

Рис.1. Зависимости изменения уровня дефектности кристаллического строения (физической ширины рентгеновской линии 220) (а) и абразивного износа (б) стали 65Г после циклической обработки при различных температурах и количествах последующих индукционных нагревов. Термический режим: 1- нагрев 450 °С, 2- нагрев 570 °С, 3- нагрев 700 °С, закалка и отпуск 180 °С.

Циклическая термическая обработка стали 65Г может создать структуру с более высоким уровнем плотности дефектов кристаллического строения. Оптимальным вариантом следует считать режим, включающий предварительное циклирование с нагревом 450 °С (рис. 1).

Микроструктурный анализ показал, что все образцы имели мартенситную структуру (для стали 18ХГТ в сердцевине наблюдались участники нижнего бейнита). Так как при высокой твердости для сохранения необходимого уровня вязкости требуется мелкое аустенитное зерно, оно определялось путем травления в соответствии с ГОСТ 5639-65.

Контрольный образец (сталь 18ХГТ) имел средний диаметр аустенитного зерна  $d_{cp} = 0,02736 - 0,03315$  мм, что соответствует 7-8 баллам зерна по ГОСТ. Сталь 65Г после оптимального режима циклической закалки имела по сердцевине  $d_{cp} = 0,055$ , что соответствует 5-6 баллам, а вершина зуба  $d_{cp} = 0,0927-0,0729$  мм, что равно 4-5 баллам и соответствует началу перегрева.

Микроанализ и измерения твердости показывают, что наилучшую износостойкость, соответствующую наиболее высокой твердости и плотности дислокаций, имеют образцы с оптимальным режимом циклической закалки из стали 65Г [8].

## Выводы

Циклическая термическая обработка стали 65Г может создать структуру с более высоким уровнем плотности дефектов кристаллического строения. Оптимальным вариантом следует считать режим, включающий предварительное циклирование с нагревом до температуры 450 °С.

Циклическая термическая обработка при оптимальном режиме для стали 65Г может обеспечить повышение абразивной износостойкости около 30% по сравнению с производственными данными образцов из стали 18ХГТ в 2 раза больше абразивной износостойкости стали после обычного индукционного нагрева до температуры 900 °С.

Высокая износостойкость стали 65Г после циклической закалки и низкого отпуска является следствием максимального использования возможностей закаленной стали в повышении износостойкости (максимальная твердость и повышенная плотность дефектов кристаллического строения). Преимущество термоциклической обработки заключается в экономии большого количества электроэнергии и газообразного углеводорода, обеспечении долговечности шестерен и вал-шестерен автомобильного машиностроения.

## Литература

- [1] Евдокимов А.И., Зелин М.Г., Коротков В.А. Циклическая закалка стали ХВГ // МиТОМ, 2002. №9. С. 33 – 34.

- [2] Alok Mishra, Joydeep Maity. Structure-property correlation of AISI 1080 steel subjected to cyclic quenching treatment // Materials Science and Engineering A. 646 (2015) P.169 – 181.
- [3] Бердиев Д.М. Повышение абразивной износостойкости сталей // Техника и технологии машиностроения // VI международная конференция, г. Омск. 20 – 21 апреля 2017. С. 3 – 8.
- [4] Тененбаум М.М. Сопrotивление абразивному изнашиванию – М.: Машиностроение, 1976. – 267 с.
- [5] Мухамедов А.А., Тилабов Б.К. Повышение износостойкости деталей с твердосплавными покрытиями термической обработкой // Известия ВУЗов. Черная металлургия, 2003. – №12. – С. 35 – 37.
- [6] Батаев В.А., Батаев А.А., Алхимов А.П. Методы структурного анализа материалов и контроля качества деталей – М.: Наука, 2007. – 224 с.
- [7] Горелик С.С., Скаков Ю.А., Расторгуев Л.Н. Рентгенографический и электронно-оптический анализ – М.: МИСИС, 1994. – 328 с.
- [8] Бердиев Д.М. Исследование параметров структуры при различных вариантах циклической закалки // Вестник ТашГТУ, 2018. – №2. С. 98-102.

## УЗБЕКСКИЙ ЛЕГКОВОЙ АВТОМОБИЛЬ "SANO".

*проф.С.М.Кадиров, проф.О.С.Кодирова (ТИПСЭАД, Ташкент, Узбекистан)*

### Аннотация

Разработка конструкции кузова легкового автомобиля представляет большую научную проблему. К Вашему вниманию предлагается патентоспособная конструкция кузова узбекского легкового автомобиля «САНУ» на базе Ласетти, с объемом двигателя 1,8 л. и автоматической коробкой.

*Ключевые слова: легковой автомобиль, конструкция, кузов, обтекаемость, бампера, крылья, капоты, двери.*

**Назначение.** Заявлено художественно - конструкторское решение внешнего вида узбекского легкового автомобиля, предназначенного для индивидуального пользования в качестве транспортного средства для городских условий.

**Характеристика ближайшего аналога:** Известен промышленный образец легкового автомобиля «САНУ» (Патент № 331 от 13.06.1997 г. МКПО 12-08) а также автомобили производства Джи Эм Узбекистан.

Художественно-конструкторское решение этого автомобиля характеризуется такими основными признаками как :

- каплеобразной формой и архитектурой всего кузова и дверей ;
- наклонной вперед верхней плоскостью капота :
- трапециевидным лобовым стеклом :
- наличием решетки ограждения радиатора ,
- наличием явно выраженных бамперов:

**Целью создания данного промышленного образца** является достижение аэродинамичности формы и выражение современной тенденции индивидуализации внешнего облика автомобиля.

### Перечень фотографий и графических материалов:

Промышленный образец иллюстрируется следующими фотографиями и чертежами:



Фото 1. Общий вид автомобиля



Фото 2. Вид сбоку



Фото 3. Вид спереди



Фото 4. Вид сзади

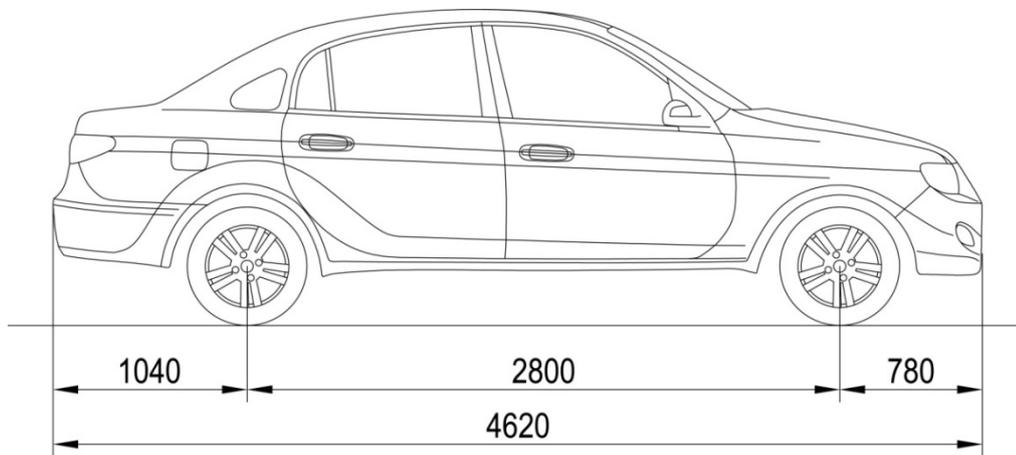


Рис. 1. Вид сбоку

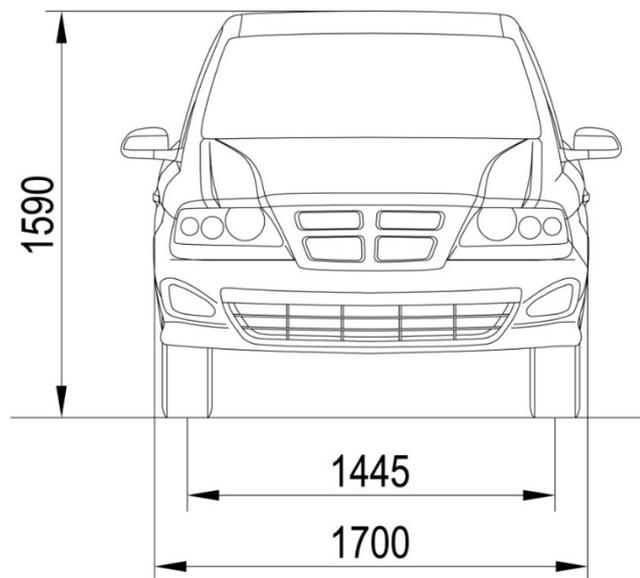


Рис. 2. Вид спереди

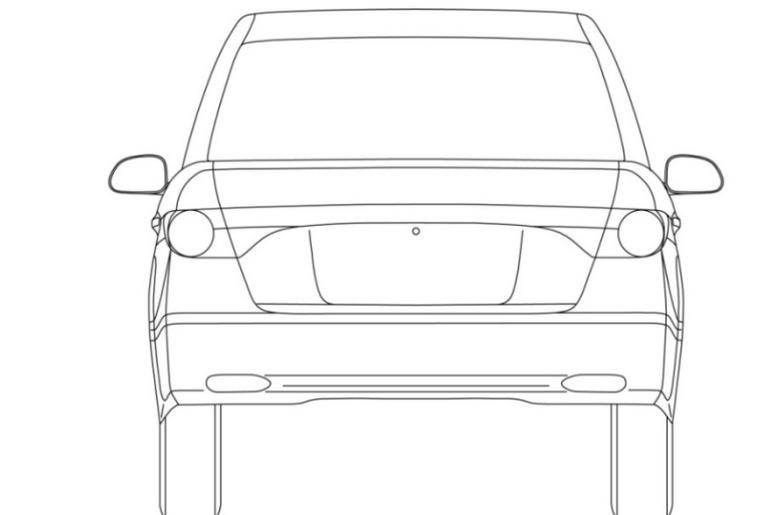


Рис. 3. Вид сзади

Основными формообразующими элементами автомобиля "SANO" являются (см. рис.1.):

- передний капот, - лобовое стекло, - крыша кузова, - заднее лобовое стекло, - задний капот, - задний бампер, - колесо, - стойка кузова, - передний и задний двери, - переднее крыло, - передний бампер, - заднее крыло.

**Сущность заявленного решения с позиции художественного конструирования.**

**Общее композиционное решение кузова автомобиля.** В основе которого лежит развитая, объемно-пространственная структура: построена на идее создания цельного лаконичного современного образа кузова, обладающего высокими аэродинамическими свойствами. Каплеобразная форма образуется за счет плавного, выкупло-нарастающего объема, подчеркнутого эллипсовидным контуром проема для дверей, рисунком фар, изящно изогнутой линией капота, естественно переходящей в овально выпуклую крышу кузова. Художественно - конструкторская проработка формы автомобиля имеет традиционную наклонную вперед - вниз верхнюю плоскость капота, трапециевидный контур лобового стекла, сужающийся к верху от средней линии рисунка поперечного профиля кузова.

Оригинальность, т.е. существенные признаки, обуславливающие творческий характер эстетических особенностей автомобиля, выражена в его общей концепции, основанной на создании внешнего облика с подчеркнутой пластикой элементов, характерной семейству кошачьих в естественной природе. Это визуально достигается в общем виде спереди, благодаря, в основном необычной форме фар - узкому немного раскосому "разрезу глаз", радиально расходящемуся от горизонтального вытянутой, фигурной формы радиатора, взметнувшимся к переднему стеклу верхних линий глаз и стремительно летящих от них горизонтально - боковых линий. Эта плавная вогнутость форм, оригинальная нюансировка, придает внешнему виду автомобиля впечатления схожести с неким агрессивным, но элегантно быстрым зверем. существом и семейства кошачьих.

**Соответствие заявленного художественно - конструкторского решения автомобиля требованиям технической эстетики.** Заявленное художественно-конструкторское решение внешнего вида автомобиля обладает художественно-информационной выразительностью, отражает определенные взгляды общества, уровень развития производства, структуру сложившихся потребностей.

Решение является результатом не только инженерного проектирования, а

свидетельствует о творческом подходе к формообразованию, т.е. оно - оригинально, современно и соответствует условно - временному эталону, моде, является выразителем самых последних, свежих тенденций в формообразовании.

Организованность объемно - пространственной структуры обеспечивает максимальное соответствие формы функциональной сущности автомобиля. Целесообразность решения

отражает внутреннюю логику **сто** строения, соответствует конструкторской схеме, размещению узле в и блоков в корпусе, правильности использования внутреннего пространства, объема.

Эстетическая выразительность обеспечивается уравновешенностью композиции, соразмерностью, пропорциональностью, пластической проработкой формы в целом и пластической нюансировкой элементов.

Эргономичность, т.е. человеческий фактор в функционировании системы «человек-машина»<sup>1</sup> обеспечивает соответствие автомобиля антропометрическим, физиологическим и психологическим его свойствам, удобство действий, эстетически приятна.

Предлагаемый промышленный образец может быть многократно произведен конвейерной сборкой, но она может быть заменена индивидуальной стапельной при штучном изготовлении автомобиля "SANO".

#### **Совокупность существенных признаков, являющийся общей с ближайшим аналогом:**

- наличие основных формообразующих элементов и их взаимное расположение: капот, крыша кузова, багажник, лобовое стекло, заднее стекло, бампера, боковые двери: ограждение радиатора;
- двух объемное решение закрытого кузова типа "Седан" с боковыми дверными проёмами и дверями;
- наклонное вперед - вниз решения верхней плоскости капота: трапециевидная форма лобового стекла;
- решение ограждения радиатора в виде решетки, сужающаяся к верху от средней линии форма поперечного профиля кузова;
- наличие 4-х ходовых колес;
- передние лонжероны для установки двигателя и КПП.

#### **Отличительные признаки:**

- каплеобразный силуэт общего объемно - пространственного решения для придания автомобилю повышенных аэродинамических качеств;
- совмещенное расположения фар и переднего бампера:
- пропорциональное соотношения высотного размера багажника (значительно большего) относительно носового (двигательного) отсека;
- овально - вытянутая форма фар;
- фигурная форма и рельефная декоративная проработка решетки радиатора;
- пластически мягкое очертание кузова с применением радиусных округлений в сопряжениях панелей;
- наличие рельефных, радиально расходящихся от решетки радиатора формообразующих линий;
- наличие продольного жесткого элемента на створках дверей и боковых стенках кузова;
- увеличенная ширина средней (по высоте) части кузова относительно ширины пола и потолка;
- автоколпаки с замком для колес;

#### **Литература:**

[1] Патент № 331 от 13.06.1997 г

[2] Chevrolet /DAEWOO Lacetti. Издательство Третий Рим, Москва, 2014 г.

- [3] Chevrolet Aveo. Руководство по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту. (Хетчбек с 2008 г, Седан с 2006 г). Погребной С.Н., Яцук А.А., Капустин А.В. Издательство Третий Рим. Москва, 2013 г.

## ОПРОКИДЫВАНИЕ СПГ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОТРАНСПОРТА НА ГАЗОМОТОРНОМ ТОПЛИВЕ

*Карпов Алексей Борисович – ассистент РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва, Россия*

*Мещерин Игорь Викторович – директор МУЦ газомоторное топливо, г. Москва, Россия*

### Аннотация

Работа посвящена обсуждению проблемы стратификации сжиженного природного газа (СПГ) в баках при эксплуатации автотранспортных средств на газомоторном топливе (ГМТ). Показано, что следует контролировать плотность СПГ в баке на борту автомобиля и предпринимать меры, снижающие степень риска.

*Ключевые слова: опрокидывание, СПГ, теплопритоки, газомоторное топливо*

Использование сжиженного природного газа в качестве моторного топлива имеет ряд преимуществ по сравнению с компримированным природным газом, к основным из которых относятся следующие: запас хода транспортных средств, работающих на СПГ, в 2-3 раза выше; большая степень сжатия СПГ позволяет уменьшить общую массу газобаллонного оборудования в 3 - 4 раза; при масштабном производстве удельные капиталовложения и себестоимость производства СПГ на 20 - 30% ниже по сравнению с КПГ. В настоящее время практически во всех передовых странах разрабатываются двигатели, в которых в качестве горючего будет использоваться метан [1]. Роль СПГ в качестве моторного топлива постоянно возрастает, однако для применения СПГ в двигателях внутреннего сгорания необходимо получать продукт высокого качества [2,3].

Разработка и внедрение новых образцов газомоторной техники, развитие газозаправочной и сервисной инфраструктуры имеют большое социально-экономическое значение для развития отдельных регионов, особенно для крупных городских агломераций, а также создают условия для устойчивости транспортной системы и оказания качественных и конкурентоспособных транспортных услуг.

Низкая температура кипения СПГ не позволяет обеспечить его хранение на борту транспортных средств без потерь. Данный вид горючего является смесью метана и других более тяжелых углеводородов, плотность и температура кипения которой зависит от концентрации входящих в нее составляющих. В процессе хранения СПГ происходит изменение его состава, плотности и температуры кипения за счет испарения более легкого компонента - метана. Данные факторы при пополнении емкости, имеющей остатки топлива, новой порцией СПГ, с плотностью и температурой, отличающейся от аналогичных параметров в остатке топлива, могут приводить к стратификации СПГ в баке с образованием макрослоев топлива с различной плотностью.

Термин «опрокидывание» (от rollover) относится к процессу, при котором в емкостях для хранения СПГ образуется большое количество газа в течение короткого периода времени. Эффект опрокидывания приводит к возникновению избыточного давления в резервуаре для хранения СПГ, если не приняты соответствующие меры для предотвращения указанного явления.

В баках автомобилей на СПГ возможно наличие двух устойчивых слоев или областей, которые образуются, как правило, в результате неполного смешивания СПГ разной плотности – свежего и остатка в емкости. Внутри слоя плотность жидкости одинакова, но плотность жидкости в нижнем слое бака больше плотности жидкости в верхнем слое.

В то же время нижний слой продолжает прогреваться вследствие притока тепла, но не может испаряться из-за гидростатического давления верхнего слоя. Рост температуры вследствие нагревания уменьшает плотность нижнего слоя. Хотя на границе раздела слоёв возможно некоторое перемешивание, оно минимально.

В дальнейшем из-за притока тепла к емкости (что особенно важно при эксплуатации автомобиля на СПГ в условиях жаркого климата), тепло- и массообмена между слоями и испарения жидкости с поверхности, плотность слоев выравнивается путем самопроизвольного перемешивания.

Такое самопроизвольное перемешивание называется опрокидывание, и если, как это часто бывает, жидкость в нижней части бака автомобиля становится перегретой относительно давления паровой фазы в баке хранения СПГ, то опрокидывание сопровождается резким увеличением скорости испарения, что сопровождается резким выделением газа, так как гидростатическое давление на лёгкую фазу исчезает.

В ряде случаев указанное выделение паров является очень быстрым и мощным. При этом повышение давления в емкости бывает достаточным, чтобы вызвать срабатывание клапанов сброса давления.

С точки зрения безопасности, эффект опрокидывания для баков с небольшим объемом не так страшен, как для емкостей хранения на заправочных станциях, однако резкое повышение давления в системе может сказаться на работе двигателя.

Первоначальное предположение заключалось в том, что, когда плотность верхнего слоя превышает плотность нижнего слоя, происходит инверсия (перемещение) слоев, отсюда и название ролlover (опрокидывание). Более поздние исследования не подтвердили первоначальное предположение и показали, что при этом происходит интенсивное перемешивание слоев.

Возникновению опрокидывания, как правило, предшествует период, в течение которого скорость образования отпарного газа значительно ниже обычной. Поэтому следует тщательно контролировать скорость образования отпарного газа, чтобы убедиться, что жидкость не аккумулирует тепло. При подозрении на возникновение опрокидывания следует обеспечить циркуляцию жидкости в баке для смешивания нижнего и верхнего слоев.

Опрокидывание можно предотвратить с помощью эффективного управления баками хранения СПГ на борту автомобиля. Не следует допускать дозаправку автомобиля СПГ разных изготовителей, имеющих разный состав. Если невозможно обеспечить полное опустошение бака без дозаправки, должно быть обеспечено хорошее перемешивание при заполнении емкости.

Таким образом, при подозрении на расслоение следует контролировать плотность СПГ в баке на борту автомобиля, например, если транспортное средство заправлено СПГ разных изготовителей. При обнаружении расслоения должны быть приняты меры, снижающие степень риска.

#### **Список цитируемой литературы:**

- [1] Кондратенко А.Д. Применение СПГ в качестве ракетного топлива // Труды 60-й Всероссийской научной конференции МФТИ. - 2017. - С. 192-193.
- [2] Кондратенко А.Д., Карпов А.Б., Мещерин И.В. Разработка технологии подготовки природного газа к сжижению для получения СПГ высокого качества // Материалы Всероссийской молодежной научно-технической конференции нефтегазовой отрасли - 2017. - С. 239-242.
- [3] Козлов А.М., Кондратенко А.Д. Разработка технологического регламента на малотоннажное производство СПГ, используемого в качестве моторного топлива // Сборник тезисов «Актуальные проблемы развития нефтегазового комплекса России». - 2018. - С. 337.

## **INFLUENCE OF AMOUNT OF HYDROGEN CONTENT IN HCNG MIXTURES IN LIGHT-DUTY SPARK IGNITION ENGINE EMISSION CHARACTERISTICS.**

*prof. Sharipov K.A, Malikov A.K*

## Abstract

Global warming and the increasing concentration of pollutants in the atmosphere have reached an alarming level. The automotive sector represents one of the main stakeholders in this scenario. The ideal method for reducing CO<sub>2</sub>, CO, HC and NO<sub>x</sub> emissions, which is a major cause of global warming, in an internal combustion engine is to use hydrogen as a fuel. Hydrogen offers advantages in that it possesses a fast flame propagation speed, low ignition energy, and wide flammability range. Nowadays, internal combustion engines that are widely used as a power source in passenger and individual transport vehicles, agricultural sector and power station. But there are some difficulties involves with the usage of compressed natural gas in internal combustion engines, like weak lean burn ability, ignitability, and low flame speed. The study reports the effect of different ratios of Hydrogen and Compressed Natural Gas mixtures to the engine performance and emission parameters. Additionally, the 1D model of the engine was obtained by means of AVL Boost software. Validation of the model and experiment result shows good confirmation. Numerical simulation and the experimental result show that the engine the amount of hydrogen content in dual fuels are considerably affected the brake power, thermal efficiency, and emission content.

*Keywords: Global warming, internal combustion engine, Hydrogen, Compressed Natural Gas, emission, CO<sub>2</sub>, CO, HC, NO<sub>x</sub>, performance, heat release rate, in-cylinder pressure*

## Introduction

Uzbekistan has estimated natural gas reserves of 1.84 cm, with the largest reserves in the Ustyurt Region and 52 natural gas fields in Uzbekistan with 12 major deposits, including Gazli, Shurtan, Pamuk, and Khauzak. [1] Since 2000, Uzbekistan has rapidly increased the use of compressed natural gas (CNG) in its transportation sector as a means of mitigating high air pollution levels. Despite initial improvements in some criteria pollutant levels, air quality has again deteriorated and encouraged government and industry stakeholders to explore using a cleaner fuel hydrogen-compressed natural gas (H-CNG).[2] CNG is considered the most promising alternative fuel from the environmental point of view. Annual consumption is constantly increasing in many countries[3]. Public transportation services normally make use of natural gas vehicles to maintain high service standards with limited effects on the urban environment due to a low emissivity of particulate matter (PM) and gaseous pollutants. Manufacturers have been able to fully meet the expectations of transit companies placing on the market vehicles with engines specifically designed and manufactured to be powered by natural gas [3]. One of the main advantages of CNG fueled vehicles (especially for high duty applications, with respect to heavy-duty diesel engines) is undoubtedly related to the low level of PM emission, being the fuel molecules gaseous, light and therefore easily oxidized. The presence of residual PM is generally attributed to the presence of oil droplets in the cylinder passing through piston rings. The reduction in fuel consumption and NO<sub>x</sub> emissions is improved when the lean-burn operation is used, making those engines comparable with their diesel-fueled market competitors. Employing CNG as a substitute fuel is one of the solutions that has been accepted and has spread throughout the world. CNG, whose main constituent is methane, provides great environmental and economic advantages like lower emissions, along with enhanced availability and efficiency. The use of natural gas in internal combustion engines involves various difficulties like methane's ignitability, poor lean-burn capability and low flame speed [4] Moreover, the use of natural gas could result in lower nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>), carbon monoxide (CO), and non-methane hydrocarbon (HC) emission levels, by using a simple after-treatment device, and it is almost free of particulate emissions [5]

Compressed natural gas (CNG), as well as gasoline, can also be applied to SI engines. CNG is one of the cleanest alternative fuels and has a high research octane number (RON), which allows high compression ratios without the risk of knocking. However, despite the advantages of CNG, this gaseous fuel has a low volumetric efficiency because the fuel occupies a large fraction of the cylinder. Since the lower volumetric efficiency induces the lower engine power, it is required to increase the volumetric efficiency. [6] CNG, whose main constituent is methane, provides great environmental and economic advantages like lower emissions, along with enhanced availability and efficiency. The use of CNG in internal combustion engines involves various difficulties like methane's ignitability, poor lean-burn capability and low flame speed [7] One of the most effective methods to deal with this problem is mixing natural gas with gases such as hydrogen which has considerable high burning velocity along with low ignition energy and well lean-burn capability. Combination of natural gas with hydrogen is expected to improve the lean-burn characteristics and decrease the engine emissions (mainly CO<sub>2</sub>, HC, and CO), but the possibility of increased NO<sub>x</sub> emissions is of concern [8] However, pure hydrogen has drawbacks such

as too high adiabatic flame temperature, too low calorific value per unit volume, and pre-ignition phenomena by contact with hot spots or residual gas due to lower ignition energy. The use of CNG/hydrogen mixtures containing H<sub>2</sub> between 20 and 50 percent by volume offers good opportunity to achieve the positive aspects related to the hydrogen without substantial modification of already existing natural gas engines [9]

Moreover, considering the shortage of fossil fuels, the use of alternative resources is being promoted to partially replace the employment of petroleum products. Among the wide range of possible alternatives, hydrogen-enriched compressed natural gas (HCNG) and bio-methane are now widely considered as promising fuels, in terms of availability, co-stand benefits, when employed in internal combustion engines (ICEs). The use of hydrogen as a complement to natural gas also extends the lean burn limit due to the extended flammability range of hydrogen. Lean burn capability reduces the combustion temperature and NO<sub>x</sub> emission increases thermal efficiency and reduces knock incidence, which is a serious threat to spark ignition (SI) engines safe performance[10].

The use of hydrogen as an additive to CNG can give substantial advantages. Firstly, it can make it possible to overcome the limitations imposed on the leaning of the mixture due to the better performance of hydrogen with respect to methane for what concerns flame propagation and combustion kinetics. The possibilities of using hydrogenated mixtures, therefore, finds support in several other aspects, among which:

- the opportunity of using hydrogen in ICE with no modification in engine design (for a sufficiently low hydrogen content in the mixture);
- the reduction of pollutant emissions (especially NO<sub>x</sub>) using the leaning of the mixture and/or adjustment of the ignition timing;
- improving the efficiency of the thermal cycle resulting in reduced energy consumption;
- improving the efficiency of the thermal cycle resulting in reduced energy consumption;
- possible utilization of CNG pipeline for mixture supply.

Adding hydrogen to natural gas is more effective in improving the performance of spark-ignition engines and the combustion characteristics of HCNG engines are strongly dependent on the conditions of the engine [11]. Mixing hydrogen with CNG is one of the most effective ways of handling this issue since the burning velocity of the mixture is substantially high, the ignition energy is low, and the lean-burn capability is satisfactory. There is a rise in interest in the research on pollutant emissions and the performance of the hydrogen-enriched, CNG-fueled, conventional internal combustion engine. For compressed natural gas (CNG) in SI engines, there is an engine efficiency sacrifice at low loads and high levels of hydrocarbon (HC) and carbon monoxide (CO) emissions which cannot be solved without using after-treatment equipment [4]

In addition, hydrogen enrichment could increase flame speed, promote the engine power, and decrease the exhaust pollution so that adding H<sub>2</sub> in the blend reduces the specific fuel consumption and increases the thermal efficiency. These studies indicate that mixing hydrogen with CNG enhances the combustion stability and reduces the hydrocarbon emissions; however, it results in the production of more nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>). The impact of different CNG-hydrogen blend combustions on the combustion traits in direct- injection SI engines has also been examined by different researchers. These studies have proposed an optimum hydrogen volumetric fraction CNG-hydrogen blend that results in a balanced compromise in the emission and performance of the engine. It is expected that natural gas combustion with hydrogen will enhance the lean-burn traits and reduce the engine emissions (particularly CO, HC, and CO<sub>2</sub>); however, the main concern is the possibility of a rise in NO<sub>x</sub> emissions. The addition of hydrogen enhances the process of combustion with the added possibility of developing engines that have a lower environmental effect and higher performance. Hydrogen is entirely carbon-free and can be produced with relative ease; these are characteristics that make it a good alternative choice to conventional fuel.

The effect of increasing hydrogen to a natural gas having a high compression ratio on the performance and emissions of a spark ignition engine. The experimental results showed that the

maximum power was obtained with HCNG 5% and adding Hydrogen to CNG enhanced combustion rate and extended the lean misfire limit. According to Thipse et al the benefits of hydrogen enrichment in natural gas and explained that because of the excellent combustion properties of hydrogen fuel, ultra-lean combustion could be achieved with an optimized hydrogen-CNG blend[12]. For instance, Xu et al. studied the effect of hydrogen addition on engine performance and emissions fuelled by CNG and showed that a relatively higher brake thermal efficiency can be achieved under certain fixed engine conditions when adding more than 20% of hydrogen by volume basis. Efficiency showed a drastic improvement based on suitable ignition timings and possible varying hydrogen fractions even under idle operating characteristics [13]. Shudo *et al.*, have analyzed characteristics of combustion and emissions in methane direct injection stratified charge engine premixed with hydrogen lean mixture. Their results displayed the combustion system achieved a higher thermal efficiency due to higher flame propagation velocity and lower exhaust emissions. An increase in the amount of premixed hydrogen stabilizes the combustion to reduce HC and CO exhaust emission and increases the degree of constant volume combustion and NOx exhaust emission. The increase in NOx emission can be maintained at a lower level with retarded ignition timing without deteriorating the improved thermal efficiency. [Shudo T, Shimamura K, Nakajima Y. Combustion and emissions in a methane DI stratified charge engine with hydrogen pre-mixing. [3–7]. Hydrogen is entirely carbon-free and can be produced with relative ease; these are characteristics that make it a good alternative choice to conventional fuel. But, there are some disadvantages in using pure hydrogen, like the low calorific value per unit volume, the high adiabatic flame temperature, and pre-ignition phenomena caused by contact with the residual gas or the hot spots resulting from lower ignition energy.[14] The high diffusion coefficient of hydrogen enables proper mixing of air-fuel in the cylinder. The high adiabatic flame velocity results in high brake thermal efficiency of the engine. But hydrogen when used as the only fuel, the engine suffers from low power outputs as the energy density of hydrogen is very low compared to gasoline. The high diffusivity of hydrogen in the inlet manifold causes replacement of air with hydrogen, leading to lower volumetric efficiency[15]

It has also been observed that backfiring is a major problem with the hydrogen engines. Hence it has been suggested to use hydrogen as an additive to the hydrocarbon fuel to take the advantage of its positive combustion properties. An improved engine performance of gasoline, ethanol, and natural gas fueled engines upon hydrogen enrichment has been reported. Hydrogen as an additive to gasoline has shown improved torque and IMEP of the engine at lean conditions.[16] Research conducted by Lucas and Richards, when the engine was fuelled by hydrogen only while idling and then was run with a constant hydrogen flow rate to which gasoline was added as the load increased. The dual fuelling reduced fuel consumption by up to 30%. The higher thermal efficiency found was a result of the engine being able to run at wide open throttle throughout the load range, minimizing heat losses to coolant and pumping losses. Combustion was maintained throughout the load range due to the wide flammability limit and high flame speed of hydrogen. As a result of the lean operation, CO emissions were reduced due to an increase in incompleteness of combustion and NOx decreased due to a reduction in the peak in-cylinder temperatures. \

## Experimental setup and procedure

### Experimental setup

The HR16DE model SI ICE from the Nissan Qashqai vehicle (2007–2013) was used as the test engine in the Internal Combustion Laboratory of Automobile Transport Department, VGTU. 4 cylinder engine was used for the experimental investigations of CNG / H<sub>2</sub> fuel mixtures. The HR16DE engine has two separate PFI fuel injection systems: one is originally mounted by the manufacturer for petrol injection and second is aftermarket injectors for gaseous fuel (biogas, CNG, CNG / H<sub>2</sub>) injection (Fig.1). The engine is the atmospheric type with the throttle valve control system. Natural gas or natural gas/hydrogen mixtures were injected into the air intake manifold and the injectors were controlled with MoTeC M800 programmable electronic engine control unit. The engine load was generated by Electromagnetic Eddy Current load stand AMX 200/100 where the obtained engine effective torque  $M_e$  was measured. The programmable MoTeC M800 ECU controlled A/F ratio, advanced ignition angle, injection duration. The technical data of tested engines is presented in Table 1.

**Table.1** Technical parameters of the tested engine

Parameters	Nissan HR16DE
Number of cylinders	4
Cylinder bore [mm]	78
Piston stroke [mm]	83.6
Displacement [dm <sup>3</sup> ]	1.598
Maximum engine power [kW]	84 ( at 6000 [rpm])
Maximum engine torque [Nm]	156 (at 4400 [rpm])
Compression ratio	10.7
Connecting rod [mm]	130
Number of valves per cylinder	4
Intake valves opening	336° bTDC
Intake valves closing	108° bTDC
Exhaust vales opening	156° bTDC
Exhaust valves closing	308° bTDC

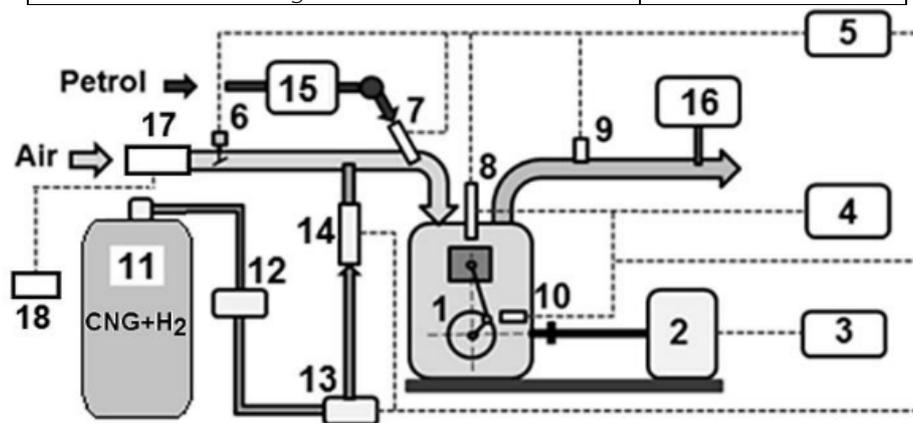


Fig 1 Schematic of engine stand testing equipment for natural gas and hydrogen fuel mixtures investigation: 1 – SI engine Nissan HR16DE; 2 – engine load stand AMX 200/100; 3 – load stand electronic control unit; 4 – equipment for registration of pressure in the cylinder LabView Real-Time; 5 – engine electronic control unit MoTeC M800; 6 – throttle control servo-motor; 7 – petrol injector; 8 – spark plug with integrated pressure sensor AVL ZI31; 9 – wideband oxygen sensor Bosch LSU 4.9; 10 – crankshaft position sensor; 11 – natural gas and hydrogen fuel mixtures cylinder at 200 bar pressure; 12 – gas mass flow meter RHEONIK RHM015; 13 – high pressure reducer from 200 bar to 1.5 bar; 14 – gas injector; 15 – petrol consumption metering device AMX 212F; 16 – exhaust gas analyser OPUS 40–D; 17 – air mass flow meter Bosch HFM 5; 18 – air mass flow meter indication monitor.

Nissan HR16DE engine pollutants were measured with OPUS 40–D exhaust gas analyzer when natural gas/hydrogen fuel mixtures were tested (Table 2.)

Table 2

Parameter	OPUS 40-D	
	Measuring range	Accuracy
CO [% vol.]	0-10	±0.02
CO <sub>2</sub> [% vol.]	0-20	±0.03
HC [ppm vol.]	0-20000	±4
NO <sub>x</sub> [ppm vol.]	0-500	±25
O <sub>2</sub> [% vol.]	0-25%	±0.1
λ	0.6-1.7	±0.001

The fuel injection duration and injected mass were adjusted by lambda value during the experimental tests with the HR16DE engine. The lambda value is calculated by a free oxygen amount in the exhaust pipe. The oxygen was measured with wideband oxygen sensor BOSCH LSU 4.9 which gives

a certain voltage value. A certain value of voltage is equal to a certain value of  $\lambda$  which does not depend on the type of fuel being used (Motec 2016)

## Procedure

Experiments were done with different amounts of hydrogen in natural gas fuel: 20 % H<sub>2</sub>, 30% H<sub>2</sub> and 50% H<sub>2</sub> by volume. In-cylinder pressure was traced by integrated pressure sensor AVL ZI31\_Y7S in spark during compressed natural gas and hydrogen experiments. During the experiments, the following engine parameters were maintained electronically: crankshaft rotation speed  $n = 2000$  rpm, 15% open engine throttle and stoichiometric mixture  $\lambda = 1$ . Various engine parameters like the brake specific fuel consumption, cylinder pressure, and exhaust emissions were recorded. The analysis was based on the averaged values of 500 cycles after the engine reached steady-state operation.

## Numerical model

The numerical engine model was developed by means of AVL Boost software (Fig.2). The construction of the 1D engine simulation model was based on its 3D geometry, which physically defines the system's parameters. The main numerical model inputs used were: engine friction, combustion rate, the 90% mass burned fraction, water, oil and intake air temperatures, air-fuel ratio, exhaust backpressure, and intake manifold pressure. This software is able to simulate engine thermodynamic processes during combustion in the cylinder. The simulation of the thermodynamic state of the cylinder is based on the thermodynamics law (Eq.1):

$$\frac{d(m_c u)}{d\alpha} = -p_c \frac{dV}{d\alpha} + \frac{dQ_f}{d\alpha} - \sum \frac{dQ_w}{d\alpha} - h_{BB} \frac{dm_{BB}}{d\alpha} + \sum \frac{dm_i}{d\alpha} h_i - \sum \frac{dm_e}{d\alpha} h - q_{ev} f \frac{dm_{ev}}{dt} \quad (\text{Eq.1})$$

Where  $\frac{d(m_c u)}{d\alpha}$  - change of the internal energy in the cylinder;  $-p_c \frac{dV}{d\alpha}$  - piston work;  $\frac{dQ_f}{d\alpha}$  - fuel heat input;  $\sum \frac{dQ_w}{d\alpha}$  - wall heat losses;  $h \frac{dm_{BB}}{d\alpha}$  - enthalpy flow due to blow-by;  $m_c$  - mass of gas in the cylinder;  $u$  - specific internal energy;  $p_c$  - cylinder pressure;  $V$  - cylinder volume;  $Q_f$  - fuel energy;  $Q_w$  - wall heat loss;  $\alpha$  - crank angle;  $h_{BB}$  - enthalpy of blow-by;  $\frac{dm_{BB}}{d\alpha}$  - blow-by mass flow;  $\frac{dm_i}{d\alpha}$  - mass of gas mixture flowing into cylinder;  $\frac{dm_e}{d\alpha}$  - mass of gas mixture flowing out the cylinder;  $q_{ev}$  - evaporation heat of the fuel;  $f$  - fraction of evaporation heat from the cylinder charge;  $m_{ev}$  - evaporating fuel.

The sum of the in-flowing and out-flowing masses let to calculate the variation of the mass in the cylinder (Eq.2):

$$\frac{dm_c}{d\alpha} = \sum \frac{dm_i}{d\alpha} - \sum \frac{dm_e}{d\alpha} - \frac{dm_{BB}}{d\alpha} + \frac{dm_{ev}}{d\alpha} \quad (\text{Eq.2})$$

The cylinder volume should be equal to the sum of the volume changes and the some of the different zone volumes must be equal to the cylinder volume.

$$\frac{dV}{d\phi} = \frac{dV_b}{d\phi} + \frac{dV_u}{d\phi}$$

$$V_b + V_u = V$$

Where  $V_b$  is the volume of cylinder occupied by burned gas;  $V_u$  is the volume of cylinder occupied by unburned gas mixtures

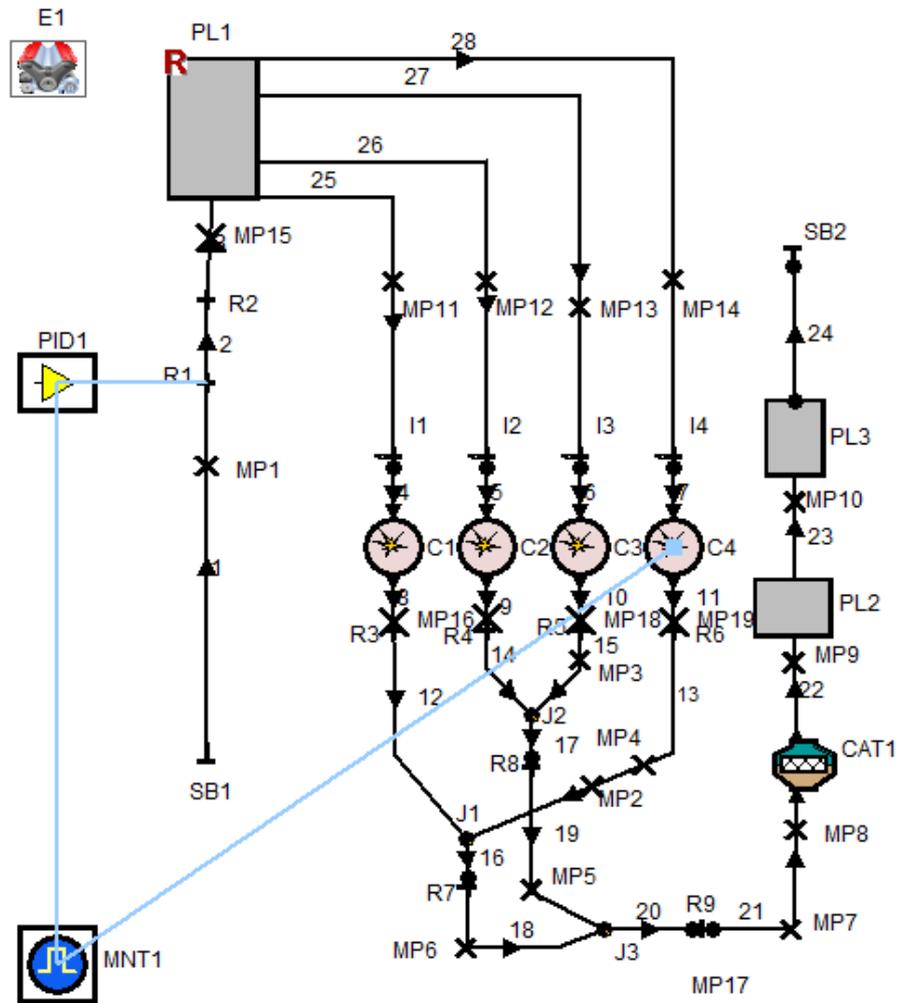


Figure 2. Spark ignition HR16DE 4 cylinder engine numerical simulation model in AVL BOOST environment: SB – system boundaries; MP – measuring points; J – junctions; I – port fuel injectors, PL – plenum, R – restriction, CAT – catalytic converter, E1 – engine parameters.

### Results and discussions

In order to investigate the effect of Hydrogen and Compressed Natural Gas. There CO emissions indicate the completeness of the combustion. It can be observed from (Fig. 3) that the CO emissions drastically reduce upon hydrogen enrichment.

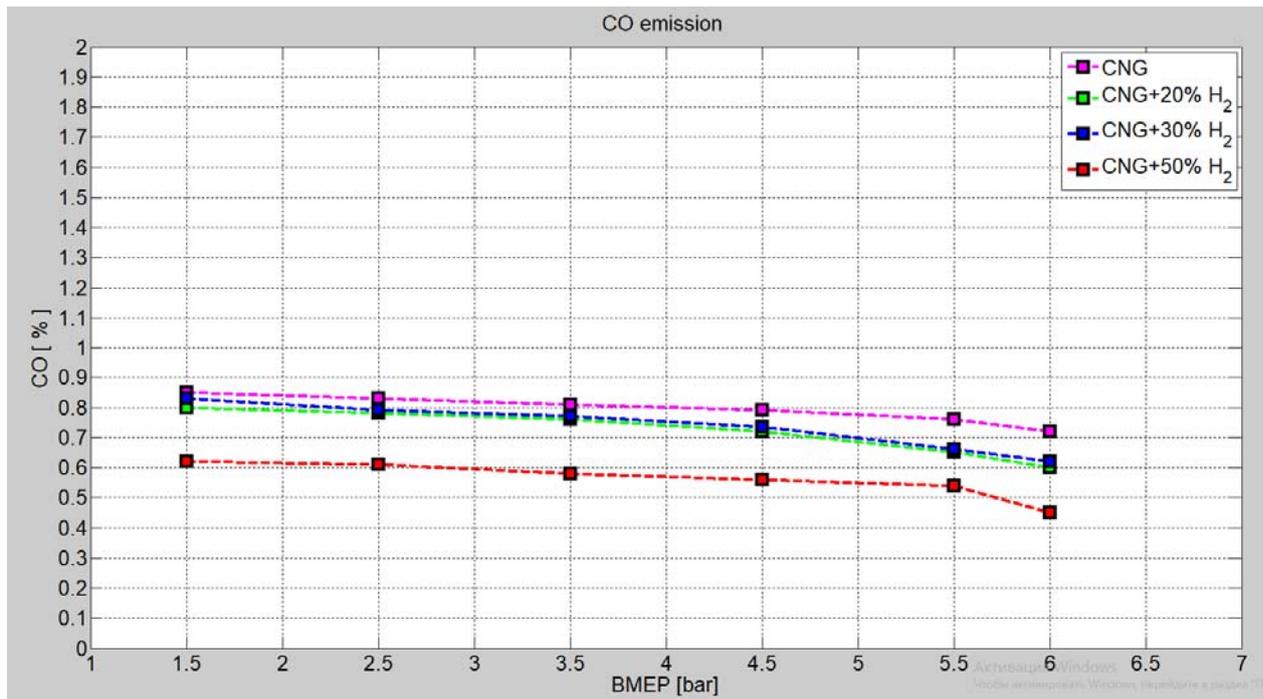


Figure 3 Dependence of CO emissions on different engine loads and fuel mixtures. Tested fuels - natural gas, natural gas / hydrogen fuel mixtures;  $n = 2000 \text{ rpm}$ ,  $\lambda = 1$

To analyze the effect of hydrogen addition and air/fuel ratio on CO<sub>2</sub> emissions, several blends of natural gas and hydrogen were studied: compressed natural gas (CNG), and HCNG with hydrogen fractions from 10% to 50%, with a stoichiometric air/fuel ratio. Hydrogen has a high flame propagation speed and low ignition energy, making it possible to work with leaner mixtures than pure natural gas. A decrease in specific CO<sub>2</sub> emissions with an increasing H<sub>2</sub> content in the fuel mixture can be attributed to a progressive decrease in the carbon content, and also to the enhancement of the combustion process Fig.4. The CO and CO<sub>2</sub> emission decrease were possibly influenced by a better combustion process due to H<sub>2</sub> additive. What is more, the H/C atom ratio in the fuel was bigger, less carbon element was present in the gaseous fuel, and therefore less CO and CO<sub>2</sub> were formed?

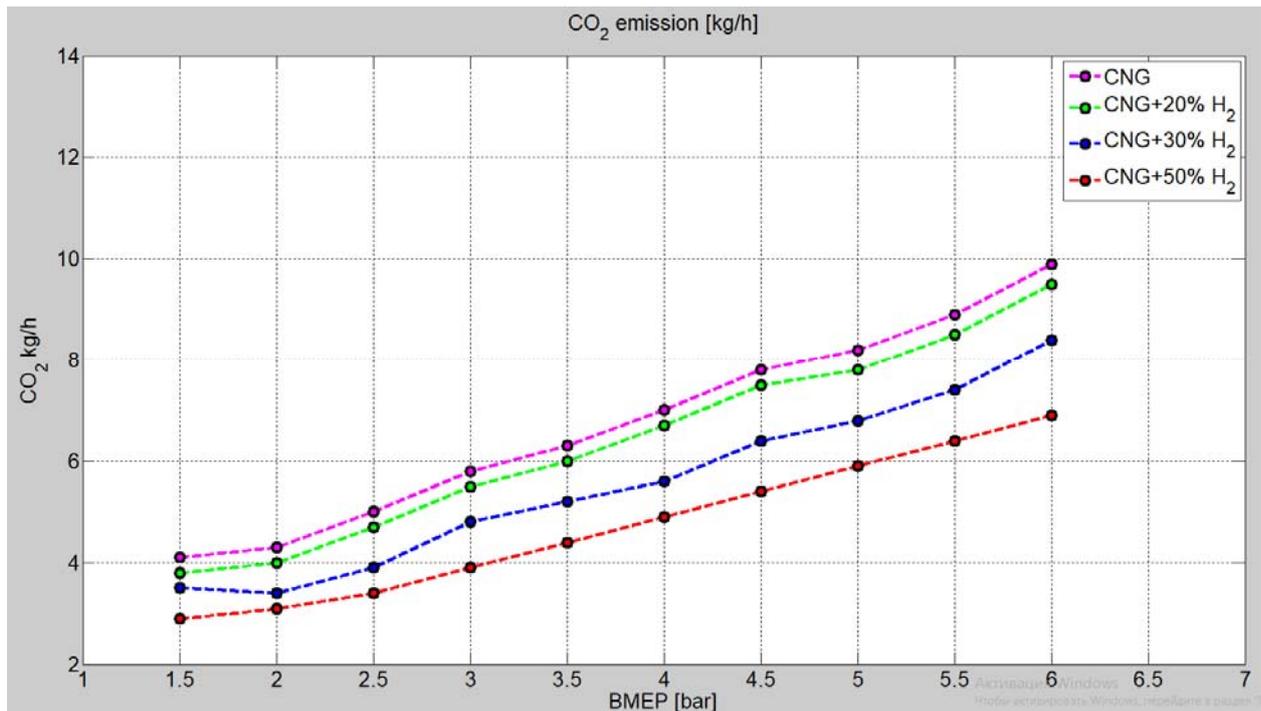


Figure 4 Dependence of CO<sub>2</sub> emissions on different engine loads and fuel mixtures. Tested fuels - natural gas, natural gas / hydrogen fuel mixtures;  $n = 2000$  rpm,  $\lambda = 1$

The hydrocarbon emission analysis gives an insight into the flame reach within the cylinder. A major source of HC emission is the charge in the crevice volume and fuel vapors absorbed by the oil layers which do not get burned due to flame quenching near the cylinder walls. (Fig.5) depicts the variation of HC emissions with an increase in hydrogen concentration. It can be observed that there is a huge reduction in the HC emissions. The high diffusivity, lower ignition energy and shorter flame quenching distance of hydrogen initiate combustion to occur even near the cylinder wall which provides sufficient activation energy for the hydrocarbon combustion to occur. As the oxygen and hydrogen concentrations in the mixture increases, the reaction temperatures rise rapidly, resulting in high engine wall temperatures. The change in slope can be due to the reduced flame quenching distance because of the high wall temperatures.

It should be noted that the H<sub>2</sub> influence on NO<sub>x</sub> emission formation was minor with increasing H<sub>2</sub> amount. Fig.6 shows the variation in NO<sub>x</sub> emissions with hydrogen concentration. NO<sub>x</sub> emissions largely depend on the availability of nitrogen from the air and the temperature of the combustion

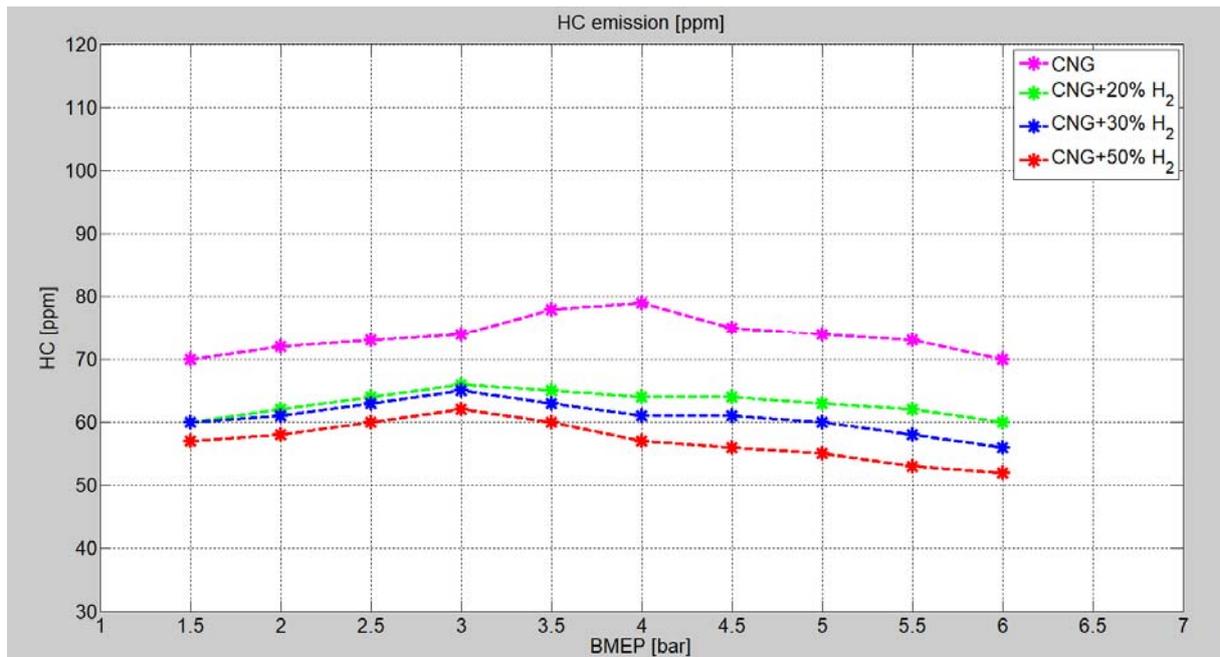


Figure 5 Dependence of HC emissions on different engine loads and fuel mixtures. Tested fuels - natural gas, natural gas / hydrogen fuel mixtures;  $n = 2000 \text{ rpm}$ ,  $\lambda = 1$

. It can be noticed that there is a large increase in NO emissions with the addition of hydrogen for all the blends of CNG. NO is highly dependent on in-cylinder temperatures, the oxygen concentration and residence time for the reaction to take place.

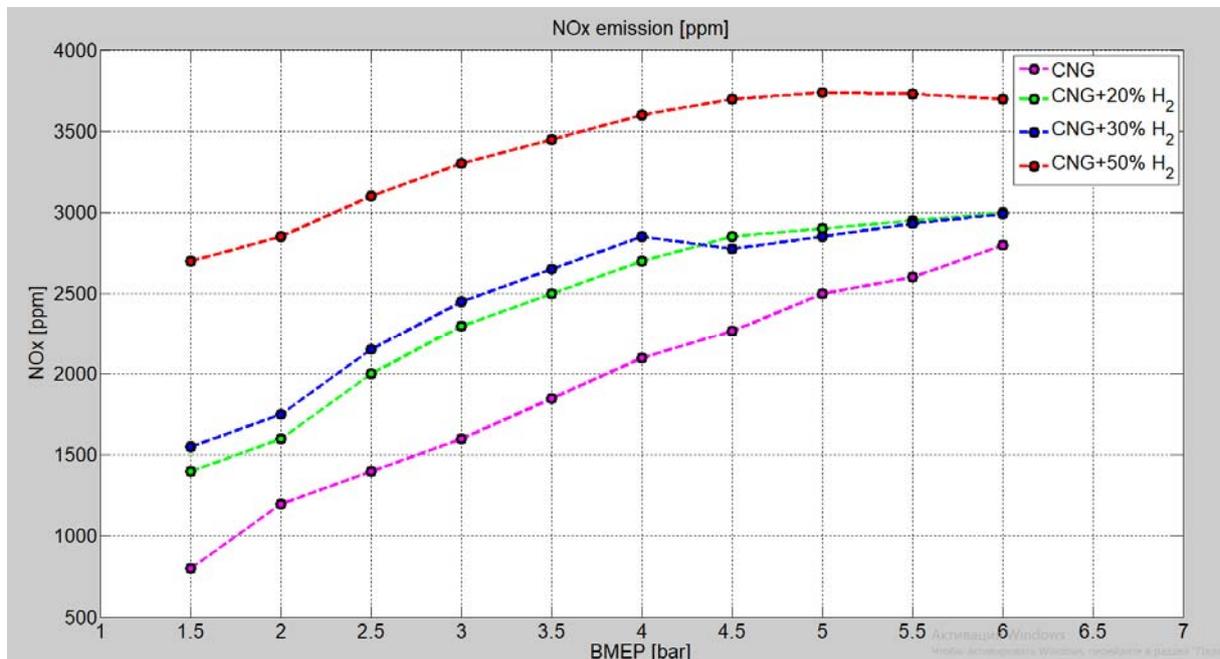


Figure 6. Dependence of NOx emissions on different engine loads and fuel mixtures. Tested fuels - natural gas, natural gas / hydrogen fuel mixtures;  $n = 2000 \text{ rpm}$ ,  $\lambda = 1$

### Combustion analysis

The in-cylinder pressure is the most fundamental engine parameter that can be measured directly with the help of a pressure transducer. Unlike most other parameters, it provides detailed information about what goes on inside the cylinder while combustion is taking place. The in-cylinder pressure

profiles as shown in Fig. 7 gives an insight into the combustion parameters of the fuel within the cylinder. It can be noticed from the graph that the pressure curves of hydrogen-enriched blends the peak pressure reached in the cylinder increases with the increase in the amount of hydrogen. During the expansion stroke, it can be observed that the pressure drops suddenly for the hydrogen-enriched blends. This nature can be attributed due to near complete combustion of the fuel. The lower ignition delay, the higher peak pressure and lower combustion duration as observed in Fig. 7 are caused by hydrogen enrichment. High-frequency Pressure fluctuations due to knocking of the engine were not observed in any of the above cases.

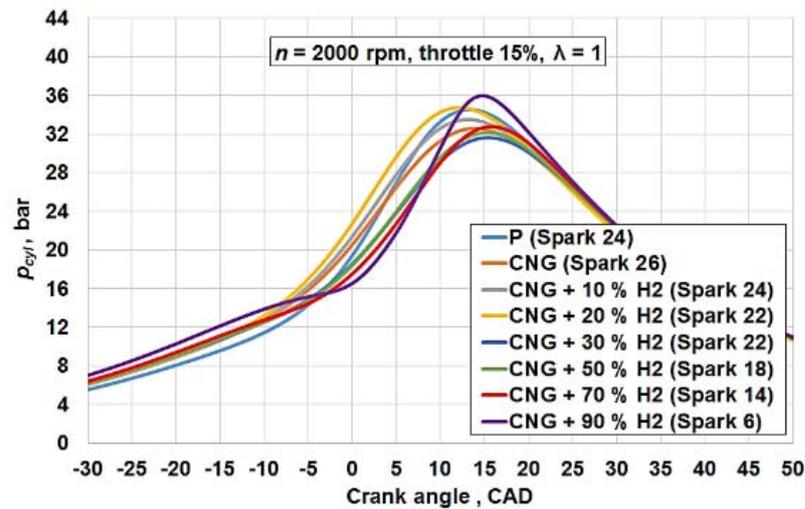


Figure 7 Dependence of combustion pressure on different hydrogen and CNG mixtures.

Heat Release Rate (HRR) reflects the rate of combustion reactions taking place in the cylinder. Fig. 8 shows the HRR curves for different hydrogen concentrations. The cycle to cycle variations in the pressure data creates large oscillations in the HRR curves. Hence the curves are averaged over 500 cycles and smoothed to reduce oscillations and enable easy analysis. It can be seen that the reactions begin early for the hydrogen-enriched blends compared to CNG.

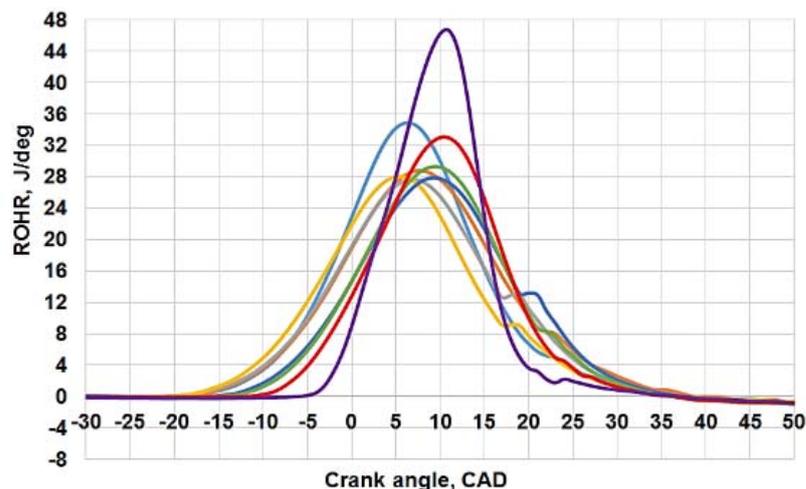


Figure 8 Dependence of combustion rate of heat release on different hydrogen and CNG mixtures.

## Conclusion

Experimental studies were carried out to investigate the effect of hydrogen enrichment on Compressed Natural Gas Spark ignition engine operating at stoichiometric conditions. The main conclusions are as follows:

- 2) Hydrogen enrichment results in a reduction of fuel consumption, with compared to pure CNG.

3) The combustion is more complete due to the enrichment of both hydrogen and oxygen in the mixture. As a result, high thermal efficiency and lower HC and CO emissions have been observed.

4) The in-cylinder temperature rises when the air is enriched with hydrogen. This results in high NO emissions from the engine.

5) The maximum cycle pressure increased along with the proportion of hydrogen in the HCNG, and leaner mixtures can be used.

6) As the hydrogen content in the mixture rises, CO<sub>2</sub> emissions drop. The decrease in CO<sub>2</sub> emissions and the increase in power both exhibit a nonlinear variation as the hydrogen content rises, and these phenomena are much more significant when the hydrogen content in the mixture is high.

### Acknowledgment

The results of the research, described in the article, were obtained by using a numerical internal combustion engine simulation tool AVL BOOST, acquired by signing the Cooperation Agreement between AVL Advanced Simulation Technologies and Tashkent Turin Polytechnic University.

### References:

- [1] "Analysis of Natural Gas Market of," no. January 2010.
- [2] G. M. Morrison, R. Kumar, S. Chugh, S. K. Puri, D. K. Tuli, and R. K. Malhotra, "Hydrogen transportation in Delhi? Investigating the hydrogen-compressed natural gas (H-CNG) option," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 37, no. 1, pp. 644–654, Jan. 2012.
- [3] C. Villante and A. Genovese, "Hydromethane: A bridge towards the hydrogen economy or an unsustainable promise?," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 37, no. 15, pp. 11541–11548, 2012.
- [4] H. A. Alrazen and K. A. Ahmad, "HCNG fueled spark-ignition (SI) engine with its effects on performance and emissions," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 82, pp. 324–342, Feb. 2018.
- [5] L. Zhu, Z. Y. He, Z. Xu, Z. Gao, A. Li, and Z. Huang, "Improving cold start, combustion and emission characteristics of a lean burn spark ignition natural gas engine with multi-point hydrogen injection," *Appl. Therm. Eng.*, vol. 121, pp. 83–89, Jul. 2017.
- [6] M. Choi, J. Song, and S. Park, "Modeling of the fuel injection and combustion process in a CNG direct injection engine," *Fuel*, vol. 179, pp. 168–178, 2016.
- [7] C. G. Fotache, T. G. Kreutz, and C. K. Law, "Ignition of hydrogen-enriched methane by heated air," *Combust. Flame*, vol. 110, no. 4, pp. 429–440, Sep. 1997.
- [8] E. Hu, Z. Huang, J. Zheng, Q. Li, and J. He, "Numerical study on laminar burning velocity and NO formation of premixed methane-hydrogen-air flames," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 34, no. 15, pp. 6545–6557, 2009.
- [9] L. De Simio, M. Gambino, and S. Iannaccone, "Experimental and numerical study of hydrogen addition in a natural gas heavy duty engine for a bus vehicle," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 38, no. 16, pp. 6865–6873, 2013.
- [10] S. Lee, C. Kim, Y. Choi, G. Lim, and C. Park, "Emissions and fuel consumption characteristics of an HCNG-fueled heavy-duty engine at idle," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 39, no. 15, pp. 8078–8086, May 2014.
- [11] H. A. Alrazen and K. A. Ahmad, "HCNG fueled spark-ignition (SI) engine with its effects on performance and emissions," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 82, pp. 324–342, Feb. 2018.
- [12] E. Porpatham, A. Ramesh, and B. Nagalingam, "Effect of hydrogen addition on the performance of a biogas fuelled spark ignition engine," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 32, no. 12, pp. 2057–2065, 2007.

- [13] J. Deng et al., "Experimental study on combustion and emission characteristics of a hydrogen-enriched compressed natural gas engine under idling condition," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 36, no. 20, pp. 13150–13157, 2011.
- [14] S. Raviteja and G. N. Kumar, "Effect of hydrogen addition on the performance and emission parameters of an SI engine fueled with butanol blends at stoichiometric conditions," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 40, no. 30, pp. 9563–9569, 2015.
- [15] A. Mohammadi, M. Shioji, Y. Nakai, W. Ishikura, and E. Tabo, "Performance and combustion characteristics of a direct injection SI hydrogen engine," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 32, no. 2, pp. 296–304, 2007.
- [16] T. D'Andrea, P. F. Henshaw, and D. S. K. Ting, "The addition of hydrogen to a gasoline-fuelled SI engine," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 29, no. 14, pp. 1541–1552, 2004.

## PISTON RINGS ANALYSIS METHOD BY MEANS OF CO-SIMULATION BETWEEN COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS AND FINITE ELEMENT ANALYSIS SOFTWARE'S

*Prof. Sharipov K. A, Malikov A. K*

### Abstract

Reducing the fuel consumption of a combustion engine has been an important design issue. Engine friction has to be reduced and the piston ring - cylinder liner contact is a major source of friction.[1] Tools for evaluating different friction reduction concepts need to be developed and used properly in order to achieve an understanding of the system. Their several well known approaches like Reynolds differential equation in the field of hydrodynamics, Greenwood Tripp for considering mixed friction and wear problems or in case of gas dynamics Eweis labyrinth model have been used already. But, differently, in this paper, we have considered a new model for determination mechanicals properties of piston ring when it operates under different engine speed and various load cases. In the suggested model performed by Matlab software where it is a role to perform co-simulation of the piston ring and oil between ANSYS Fluent and Abaqus software's, where are used correspondingly for Computational Fluid Dynamics and Finite Element analysis simulation respectively.

### 1. Introduction

The piston ring - cylinder liner contact has been modeled for over four decades. The piston with rings and cylinder liner contact is a highly complex tribosystem which can be responsible for up to 50 % of the mechanical engine friction. So far, in many cases, the piston ring assembly has been designed on the basis of experimental values. According to Maassen et al. there is a significant part of energy spent to overcome frictional losses during the New European Driving Cycle(NEDC).[2]. However, the increasing performance requirements placed on this subassembly make it ever more urgent to explore the load limits more thoroughly by means of advanced simulation techniques.

According to investigation Mohammed *et al*/piston with rings are responsible for approximately 75 % of the losses, where the piston rings are responsible for more than half of those losses. Therefore there is great potential for reduction of fuel consumption by improvement in the piston ring to cylinder liner interface. In order to reduce these losses, the interaction between the piston ring and cylinder liner needs to be well understood[3]. Lubrication and friction play essential roles in energy conservation[4]. Asaulyak et al have underlined the main subsystem that relative part of friction: ring-pack/liner, piston-skirt/liner, and piston-pin/connecting-rod contacts; connecting rod and crankshaft bearings; and the valvetrain subsystem, there are contributing about half of the total friction. The remainder

### Nomenclature

U	is the oil speed;
$\mu$	is the dynamic viscosity
$h_0$	is the height of meatus' section in which the pressure is maximum
h	is the general section's height.
L	runner length;
$p_a$	ambient pressure

$p$	hydrodynamic pressure
$h_e$	the height of the output section
$h$	film thickness distribution
$h_0$	minimum film thickness
$F_N$	net hydrodynamic force in the radial direction
$Q$	the flow rate of lubricant
$x$	coordinate axis in the sliding direction
$y$	coordinate axis in the circumferential direction

of the friction comes from the crankshaft, connecting rod, camshaft bearings, and the valve train oscillating parts. The bearings are in predominantly hydrodynamic lubrication, in contrast to the valvetrain oscillating components, which are characterized to be mostly in the mixed/boundary lubrication regimes[5]. According to Notay et al proper lubrication keeps them in good working order, extends component longevity, and minimizes energy losses due to friction. Many engine durability and reliability issues, such as excessive wear, component seizure, and catastrophic failure, are traced to problems with inadequate lubrication of essential components[6]. Proper lubrication and low friction are associated with engine integrity and good performance, which are attributes important to the end user.[4]

The lubricant itself is a multi-constituent fluid that strongly influences the lubrication regime of the lubricated parts. Various additives provide different functions in the oil: to maintain the temperature sensitivity of the oil viscosity, to protect against wear through the formation of surface films, and to reduce solid-to-solid friction by making the surfaces more slippery. In addition, other additives keep the component surfaces clean and maintains the oil properties to within acceptable levels.[4]

Additionally, friction is a strong function of engine speed (rev/min), it varies less directly with engine load [3]. Increasing the power output for a given sized engine at a given speed (by increasing the bmep) is a typical strategy of reducing friction as a percentage of engine work output. There are typical estimates of the relative magnitude of friction for common engine size and power output classes; however, these mostly empirically based estimates [4–6] span a wide range and do not point to a simple distribution quantitatively. According to Wong et al., typical estimates of friction for a fired engine (diesel or SI) as a fraction of total fuel energy, the mechanical friction is take up roughly 4%–15% of the total fuel energy. This general estimates reflects typical in-use engine conditions, on the aggregate over various operating conditions, and does not apply to unique extreme conditions such as at idling and at very light loads where most of the fuel energy is consumed to overcome friction, with no net power output. Thermal efficiencies (work output/fuel used) of modern engines vary between 38%–50%, with 50% being a common development goal. Accordingly, mechanical friction is typically 10%–30% of engine power output, although it could be 100%, at idling, at the extreme.[4]

As a matter of fact, piston rings are key comp sealing, on the role of adjusting the oil, and heat transfer, which will directly affect the engine performance and fuel economy. The gas blow-by and oil consumption in an engine are directly related to the sealing function of the piston rings.[7]. On the other hand, to reduce CO<sub>2</sub> emissions, great attention is paid to the fuel economy of modern cars. As a consequence of continual downsizing coupled with the simultaneous increase in the combustion pressure, direct injection as well as both turbocharging and supercharging, the steady improvement of power density and thermal efficiency in modern internal combustion engines is leading to increasingly higher mechanical and thermal stresses on engine components and resulting in a higher degree of wear in these components. Thus, increased wear resistance within the friction contacts of the engine components is required. In an internal combustion engine, the top ring is the part of the piston ring package that is subjected to the most stress, as it is stressed by the highest temperatures and loads, especially at peak pressure as well as at and around the fired top dead center. Various investigations and studies also prove that both the friction and wear of tribologically stressed components strongly influence the near-surface residual stress evolution[8]

Tools for evaluating different friction reduction concepts need to be developed and used properly in order to achieve an understanding of the system. Wong *et al*/noticed that the reduction of all parasitic energy losses, including friction, remains as a valuable contribution to overall efficiency improvement. A

small gain in fuel consumption, even by 1% over existing levels, is an important achievement. The macroscopic energy and economic savings from improved engine efficiency are huge.

Currently, there many approaches that are used to analyze piston ring interaction, one of them is 2D CFD-model by Lyubarsky et al., which used to consider the mass-flow through the ring gaps to calculate the inter-ring pressures and blow-by into the crankcase. The 2D CFD-model used to study the influence of the various ring-pack design parameters on the ring friction, blow-by, and oil transport.[9]. In the research work of Mosbach et al., calculated the stiffness curve for the actual surface measurement. In addition, in their model, it was considered elastic deformation of the ring cross-section and motion of the ring inside the piston ring groove which caused by inertia and friction forces. [10].

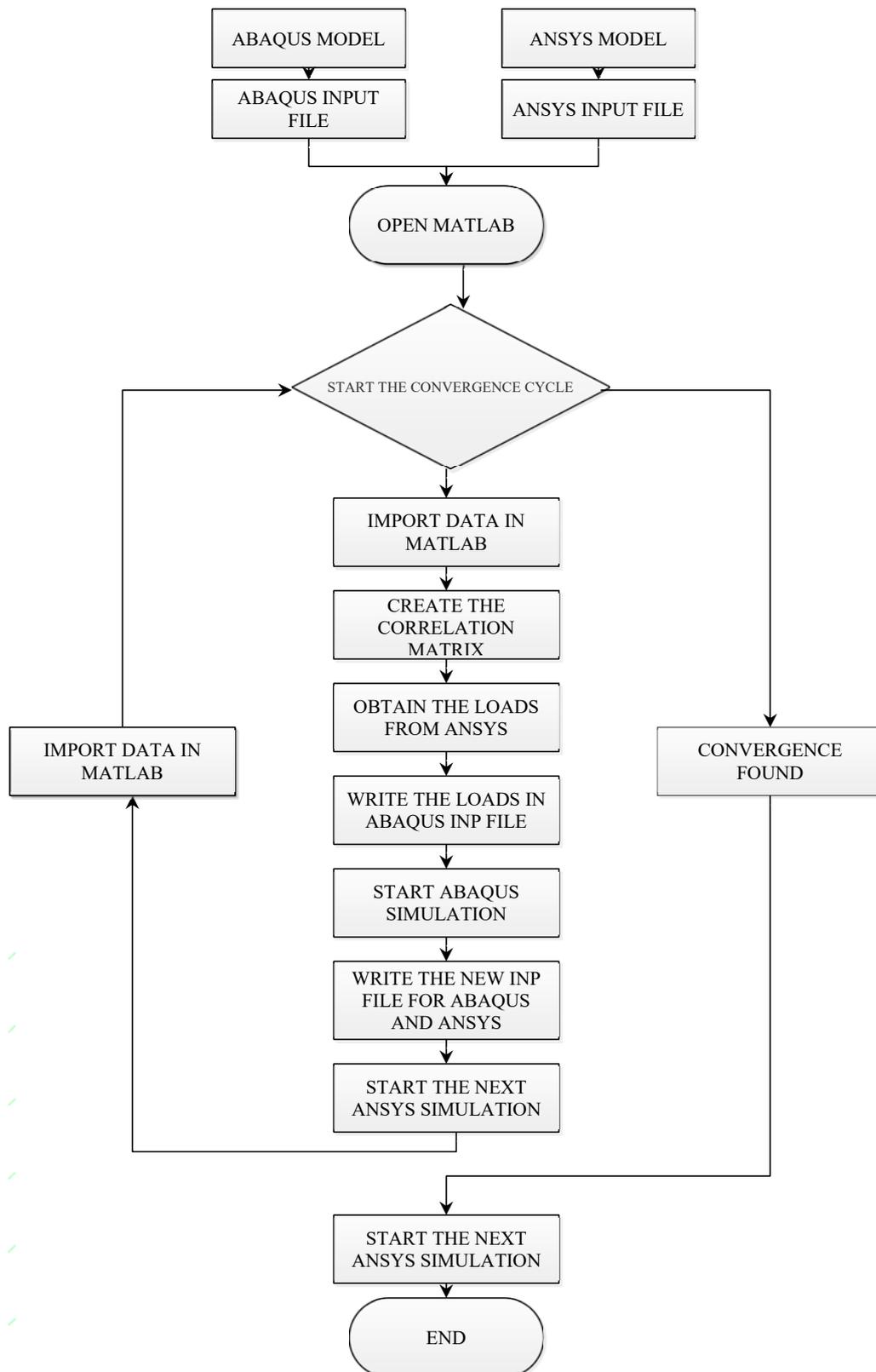
## 2. Numerical simulations.

Nowadays, durability is one of the most important aspects of modern engine design, along with the pursuit of the best compromise between performance and pollution emission. The durability improvement involves the perfect understanding of the lubrication and tribological behavior of engine components during different operational conditions. As matter of fact, this can be done by massive analysis, experiments and financial efforts, which must be optimized in an intelligent way. Simulation models can be a fast and inexpensive way to do the investigations but the accuracy of such need to be experimentally evaluated. Especially, the internal combustion engine, a significant part of all occurring processes are coupled response of fluid and structure interaction. For this reason, it is common having to use different software and the information transferring among them may be an actual issue. Frequently, this operation is made manually and it may generate a loss of time and mostly it has problems related to common type file extensions, which can be exchanged between software. Similarly in our research, we have used two different programs: Ansys Fluent to simulate the problems related to Computational Fluid Dynamics issue and on the other hand, Abaqus/CAE was used for the structural simulation. As a matter of our method is based algorithm (Scheme 1) based on Matlab software, which enables a fully automated procedure of exchange data between two different software's. The procedure consists of several steps. In the first step (Start the convergence cycle) we have identified the convergence criteria for the simulation process. In other words when piston deformation or rigid body motion due to the oil pressure so low that next simulation results will be so close to the results of the previous simulation. In this step coordinates of all nodes were stored in the form of a matrix in Matlab and they were compared with coordinates of previous cases.

In the second step (**Import data to Matlab**) we were properly importing, sorting and storing data in form matrix and variables, depending it is type and importance. As a matter of fact outputs of both software's were in a file with .inp extension, where was stored information related to properties of fluid (viscosity, velocity, density etc ), material (stiffness, sizes, density etc), boundary condition and output results depending on software (pressure on the boundary for CFD simulation and nodal forces for FEA simulation cases).

In the next of the algorithm, we were dealing with "Correlation matrix". This step was one of the most important steps, on which node on the interference (contact) between oil and piston ring was found by filtering nodes both ANSYS Fluent and Abaqus output files. In fact, the shape and position of the interference line between two geometries are not constant. Due to the fact, during the operation of piston rings, the is squeeze (rigidly mowing towards the center of the ring) and additionally is deforming due to the oil pressure. In those cases, the oil must follow the deformed and compressed shape of the piston.

In fact "Correlation matrix" consisted of four columns, where data coordinates of nodes (x and y) and ID number of the nodes which were located at the interference and properly stored in the form of a matrix. The number of rows of the "Correlation matrix" was not constant, it was varying depending on the number of the nodes at the boundary (interference) between oil and piston ring. It must be noticed that this step was a very computational affordable step, as a matter of fact, each node of both geometries was parallel passing special algorithm, which was based on nested loops. It is important to note that for each node must have only one node correspondence.



Scheme 1. Short description all sequence of procedures for co-simulation between Ansys Fluent and Abaqus software

As a next, we were transforming loads from CFD software output file to the Finite Element Analysis (FEA) input file. In other words, the task of this step was to correctly transfer (apply) the oil pressure distribution along the boundary to the piston ring as an equivalent nodal force at the exact location. So all above task was performed by using "Correlation matrix". Initially, nodes at the boundary selected with their ID numbers, soon by using a couple of nested loops ID numbers of the nodes at the boundary were compared with ID numbers all nodes. So, when loops were having true value, which means when ID of the nodes corresponding to ID of the nodes, nodal forces of those nodes was stored to another matrix called "Load matrix", which had twice more number of columns compared to "Correlation matrix". After obtaining a matrix with corresponding node ID and with their loads, we were generating an input file for FEA simulation. One the difficulty of this task was the predefined structure of the file, in other words, the input file for FEA simulation had special of content. For example at the beginning of the .inp file located data about "Assembly" where is three columns of data with node number and their two coordinates. Then data about a group of nodes which have the same boundary condition. And at the and file there is information about the material property (density, Elastic modulus), type of simulation (static, dynamic explicit), type of boundary condition and requested out data (defined by the user). After analyzing file structure content we generated a special algorithm by Matlab software, which counts every detail of this file management.

The next step of the procedure is **Start Abaqus analysis**. In fact, in this step, our task was to upload file that which prepared in the previous step and compute by means of Matlab software. As a consequence, of this step, the results of FEA analysis is stored in the .obd format in the specified directory.

After that, the output file of FEA analysis analyzed and corresponding changes were performed depending on the results of the simulation. In fact, application of oil pressure causes to shift (squeeze) of the piston ring towards to the center and deform it simultaneously. As a matter of fact, the shape of the boundary surface between oil and piston ring will change during it is operation and oil flow must follow this deformed shape of the piston ring. In order to provide continuity between two contacting surfaces following an operation performed: Initially the output file (the result of the FEA simulation) is opened by Matlab software and uploads the corresponding parts of the file where the nodal displacement of each node are given. Obtained data stored in the matrix form, in the three columns: a node ID, x and y displacements, this matrix is compared by means several loops with "Correlation matrix", corresponding nodal displacements are added to both CFD and FEA file geometries in their corresponding input files. In must noted that CFD and FEA input files have different location content and they must be respected during modification of the input files. Consequently, those (new input files) will be used in further simulations.

Last but not least step CFD simulation performed by Ansys Fluent software by means of a special command of the Matlab software by using "journal file". The "journal file" is a special extension of Ansys Fluent program, where all steps of simulation procedure uploaded.

## Theory

After succeeding with new method's basic steps and procedures, we have created a simplified model in both Ansys and Abaqus, initially, our task was to check our method with pre-solved cases, in another word, 's to validate the procedure. And in case of success to implement it to piston ring and oil film interaction case. This was done by taking well-known geometry of the piston ring, where all physical phenomena already available on literature and compare it with the simulation results and compare it with literature. One of the possible simple case to be modeled is that of the stepped pad, whose geometry and dimensions are very far from an industrial application.

The oil film follows the elementary theory of hydrodynamic lubrication, developed by Osborne Reynolds in 1886. Viscous stresses are expressed by the following formula

$$\tau = \mu \cdot \frac{du}{dy} \quad (1.1)$$

And the pressure was constant in each meatus 'section and it is varying only in the x-direction. The Reynolds' equation put in relation pressure variation with oil speed and runner geometry, as it follows:

$$\frac{dp}{dx} = \frac{6\mu U}{h^2} \left(1 - \frac{h_0}{h}\right) \quad (1.2)$$

By integrating Eq 1.2 it is possible to obtain the pressure value at each generic x coordinate (Eq 1.3):

$$p - p_a = \int_0^x \frac{6\mu U}{h^2} \left(1 - \frac{h_0}{h}\right) dx \quad (1.3)$$

The pressure distribution is the integral of the normal force per unit of depth, so it's possible to obtain force acting due to oil low.

$$F_N = \int_0^L (p - p_a) dx \quad (1.4)$$

In Eq. 1.4 it's possible to replace the term within the integral with the one written in Eq.1.3. heading in this way, it obtains

$$F_N = \int_0^L \frac{6\mu U}{h^2} \left(1 - \frac{h_0}{h}\right) (L - x) dx \quad (1.5)$$

The previous equation can be dimensionless introducing the following terms

$$X = \frac{x}{L} \quad (1.6)$$

$$Y = \frac{h}{h_e} \quad (1.7)$$

$$Y_0 = \frac{h_0}{h_e} \quad (1.8)$$

Substituting these three magnitudes in the Eq. 1.4 it will find that

$$F_N = \frac{6\mu UL^2}{h^2} \int_0^1 \frac{(Y-Y_0)}{Y^3} (1 - X) dx \quad (1.9)$$

Calling  $\Psi_N$  the term within the integral, it will obtain

$$F_n = \frac{\mu UL^2}{h_e^2} \Psi_N \quad (1.10)$$

$\Psi_N$  depends just on the pad geometry.

## Results and discussions

Firstly, the fluid flow through a stepped pad was simulated in Ansys and results were compared to those obtained. The type of lubrication in our model was hydrodynamic because the pressure distribution is the result of the fluid dragging, so one of the most important parameters becomes the relative velocity between oil and ring. The oil film follows the elementary theory of hydrodynamic lubrication, developed by Osborne Reynolds in 1886. The pressure distribution along the boundary between oil and meatus had a triangular distribution with a peak at the stepped region of the meatus. And it totally corresponds to the values which were given in the literature.

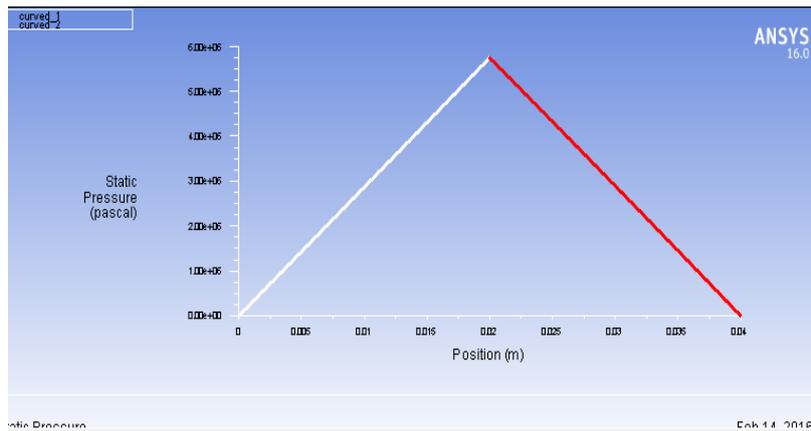


Figure 3 Pressure distribution along the stepped path of the meatus.

In the next, we have checked nodes at the interference between oil and meatus (simplified geometries of the piston ring and oil). As a first step we have analyzed the dimensions of our "Correlation matrix", which contains nodes which are located at the interference, so its matrix had a size [4 602]. Which means, 602 nodes were located at the boundary of two geometries, and this number checked by Ansys Fluent software. In fact, there were 600 square cells (elements) which are formed during meshing of geometry and logically 600 elements have 602 nodes, so the dimension of the matrix is validated and plotted as a graph (Figure 4).

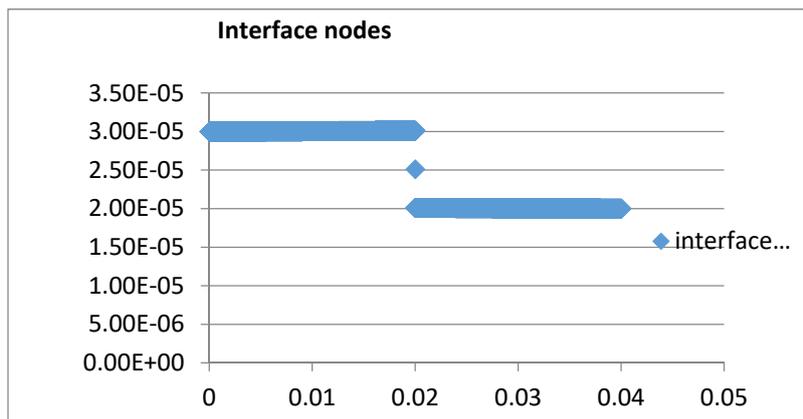


Figure-4 Plot of the boundary line ("Correlation matrix").

As can be seen from the above figure that nodes exactly reflect the upper boundary of the pad (stepped shape).

After checking the "Correlation matrix", according to the step of the procedure (algorithm), the FEA analysis is stated by means of Abaqus/CAE. In fact, all procedures were performed automatically by the Matlab program. According to the algorithm, forces due to oil pressure are transformed to FEA input files by considering all properties of materials and boundary conditions that were predefined by the user. As a matter of fact, each successful cycle of simulation leads to visual output in the .odb format (Figure 5).

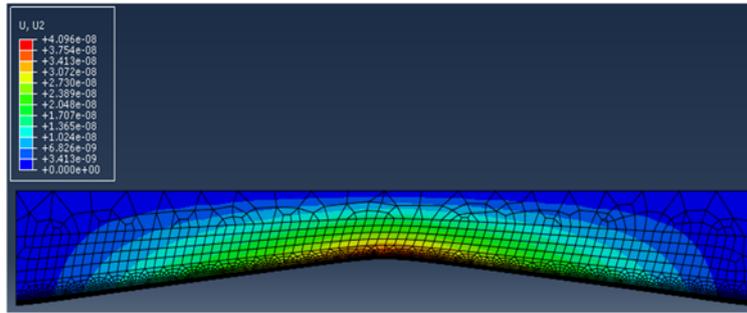


Figure-5 Abaqus output file (.odb format), it represents a zoomed view of the deformed pad. Pad I deformed due to oil hydrodynamic pressure.

As a result of the first case simulation, we obtained first .odb with the deformed shape of the pad (Figure 5). As it can be seen from the figure the deformed shape of the pad precisely follows the pressure distribution. Another, interesting results which were not planned to obtain is stress distribution across the pad. It obvious that most stressed part of expected to be in the middle of the geometry, because at the stepped region pressure of oil reached it is maximum.

The highest Von Mises stress value is reached exactly nearby the step and it is about 1.85 MPa. In this configuration, the program made 12 cycles before meeting the convergence criteria, which was defined as very small size compared to the dimension of the pad,  $5 \times 10^{-11}$  m.

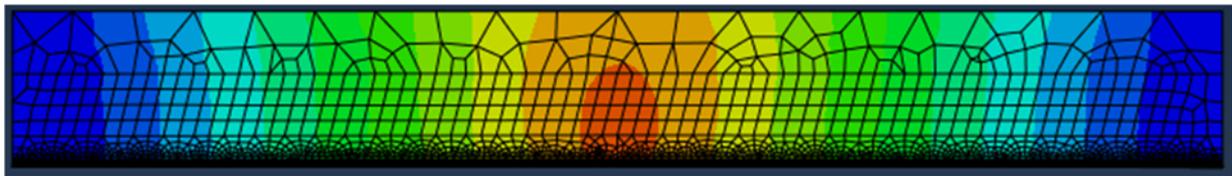


Figure-6 Figure represents stress distribution across the piston, it can be noticed that maximum stress is concentrated in the stepped region of the pad.

## Conclusions.

It's important to emphasize that initially created method implemented in order to understand the accuracy of Matlab code. And the obtained results of the simulation and literature data was fully consistent with each other. Moreover, the created method can be implemented without modification to different geometries which could take a considerable long time in case of practical cases. This is fundamentally important because it shows the adaptability of the code to different models.

In fact, the main aim of this research is a method to deal with co-simulation between Computational Fluid Dynamic and Structural Element Analysis software. The reason for such research is to make faster processes for the development of piston ring and reduce the economic effort that is required to performing the experimental test. In addition, it must be noticed that the developed method is quick and automated because the whole process is controlled by Matlab software and it avoids extra operation which not necessary and consumes extra computational resources.

The created method is unique and universal, which we prove during analysis. As matter of fact, our solution method provides detailed visual output for every cycle and it is very fast in giving outputs. Furthermore, the developed method allows to the analyzed effect of geometries and materials to the piston ring behavior during it is operating. and allows to do a detailed analysis and compare ratio between rigid body motion and deformation, which can be used as the main parameter during design processes, due to the fact it is strictly related with amount blow-by and oil consumption among different rings.

## Bibliography

- [1] J. Fang, W. Ma, N. Biboulet, and A. A. Lubrecht, "Load carrying capacity and friction of an inclined parabolic-flat piston ring," *Tribol. Int.*, vol. 113, pp. 286–290, 2017.

- [2] F. Maassen and J. Dohmen, "Engine friction reduction," *MTZ Worldw.*, vol. 66, pp. 30–33, 2005.
- [3] M. Kamil and M. M. Rahman, "Performance prediction of spark-ignition engine running on gasoline-hydrogen and methane-hydrogen blends," *Appl. Energy*, vol. 158, pp. 556–567, 2015.
- [4] V. W. Wong and S. C. Tung, "Overview of automotive engine friction and reduction trends—Effects of the surface, material, and lubricant-additive technologies," *Friction*, vol. 4, no. 1, pp. 1–28, 2016.
- [5] A. A. Asauliyak, Y. V. Rozhdestvenskii, and K. V. Gavrilov, "Elastohydrodynamic Lubrication (EHL) of Piston Rings in the Internal Combustion Engine," *Procedia Eng.*, vol. 150, pp. 536–540, 2016.
- [6] R. S. Notay, M. Priest, and M. F. Fox, "The influence of lubricant degradation on measured piston ring film thickness in a fired gasoline reciprocating engine," *Tribol. Int.*, vol. 129, no. April 2018, pp. 112–123, 2019.
- [7] E. S. Mohamed, "Performance analysis and condition monitoring of ICE piston-ring based on combustion and thermal characteristics," *Appl. Therm. Eng.*, vol. 132, pp. 824–840, 2018.
- [8] J. Biberger, H. J. Fűßer, M. Klaus, and C. Genzel, "Near-surface and depth-dependent residual stress evolution in a piston ring hard chrome coating induced by sliding wear and friction," *Wear*, vol. 376–377, pp. 1502–1521, 2017.
- [9] P. Lyubarskyy and D. Bartel, "2D CFD-model of the piston assembly in a diesel engine for the analysis of piston ring dynamics, mass transport and friction," *Tribol. Int.*, vol. 104, no. September, pp. 352–368, 2016.
- [10] S. Mosbach *et al.*, "Towards a detailed soot model for internal combustion engines," *Combust. Flame*, vol. 156, no. 6, pp. 1156–1165, 2009.

## MODELING AND SIMULATION OF A HYDRAULIC LOAD SENSING PROPORTIONAL VALVE PVG32

Sanjar Mirzaliev

Turin Polytechnic University in Tashkent, Uzbekistan <http://phd.polito.uz/> Author e-mail: s.mirzaliev@polito.uz

### Abstract

Nowadays energy saving is a topical issue due to increasing fuel costs and this aspect is amplified by more stringent emissions regulations that impact on vehicle development. A recent study conducted by the U.S. Department of Energy shows that about five percent of the U.S. energy consumption is transmitted by fluid power equipment. Nevertheless, this study also shows that the **efficiency of fluid power averages 21 percent**. This offers a huge opportunity to improve the current state-of-the-art of fluid power machines, in particular to improve the energy consumption of current applications. These facts dictate a continuous strive toward improvements and more efficient solutions: to accomplish this objective a strong reduction of hydraulic losses and better control strategies of the hydraulic systems are needed. In fluid power, there exist many techniques to reduce/recover energy losses of the conventional layouts, e.g. load sensing, electrohydraulic flow matching, independent metering, etc. One of the most efficient ways to analyze these different layouts and identify the best hydraulic solution is done through **virtual simulations** instead of prototyping, since the latter involves higher investment costs to deliver the product into the market. However, to build a fluid power machine virtual model, some problems arise relative to different aspects, for instance: loads on actuators (both linear and rotational) are not constant and pumps are driven by a real engine whose speed depends on required torque. Furthermore, it is important to achieve higher level of detail to simulate each component in the circuit: the greater detail, the better the machine behaviour is portrayed, but it obviously entails heavy impact on simulation time and computational resources. Therefore, there is a need to **create mathematical model** of components and systems with sufficient level of detail to easily acquire all those phenomena necessary to correctly evaluate machine performance and make modifications to the fluid power component design. In the context of **road transportation behaviour in hot climate condition**, machine performance can be analyzed with the mathematical model and all suitable modifications can be done prior to prototyping and mass production.

*Keywords:* Amesim, pressure compensated proportional spool valve, PVG32, discharge coefficient.

# МОДЕЛИРОВАНИЕ И СИМУЛЯЦИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРОПОРЦИОНАЛЬНОГО КЛАПАНА НАГРУЗКИ PVG32

Санжар Мирзалиев

Туринский политехнический университет в г. Ташкенте <http://phd.polito.uz/> E-mail: [s.mirzaliiev@polito.uz](mailto:s.mirzaliiev@polito.uz)

## Аннотация

В настоящее время тема энергосбережения является актуальной из-за увеличения цен на углеводороды, и она становится более обсуждаемым из-за более жестких норм выбросов от транспортных средств. Недавнее исследование, проведенное Министерством энергетики США, показывает, что около пяти процентов потребления энергии в США передается через гидравлические машины и оборудования. Тем не менее, это исследование также показывает, что КПД в гидравлических систем составляет в среднем **21 процент**. Это дает огромную возможность улучшить текущее состояние современных гидравлических машин, в частности, улучшить потребление энергии в современных приложениях. Эти факты диктуют постоянную стремление к усовершенствованию и поиску более эффективных решений: для достижения этой цели необходимо значительное снижение гидравлических потерь и наилучшие системы управления гидравлическими машинами. В этом направлении науки существует множество способов уменьшения / восстановления потерь энергии, например техника с передачей нагрузки, метод соответствующего электрогидравлического потока, независимой подачи и т. д.. Один из наиболее эффективных способов анализа этих различных архитектур и определения наилучшего гидравлического решения осуществляется посредством виртуальных симуляций вместо создания прототипов, поскольку последний является финансово затратным. Однако для создания виртуальной модели гидравлического компонента существуют некоторые проблемы в различных аспектах, например: нагрузки на приводы (как линейные, так и вращательные) не являются постоянными, а насосы приводятся в действие реальным двигателем, скорость которого зависит от требуемого крутящего момента. Кроме того, важно достичь более высокого уровня детализации для имитации каждого компонента в математической модели: чем больше деталей, тем лучше поведение машины описано, но это, очевидно, влечет за собой значительное влияние на время моделирования и вычислительные ресурсы. Поэтому существует потребность в создании математической модели компонентов и систем с достаточным уровнем детализации для получения всех тех явлений, которые необходимы для правильной оценки работоспособности гидравлической машины. **В контексте поведения ТС в условиях жаркого климата**, производительность машины может быть проанализирована с помощью математических модель, и необходимые изменения могут быть сделаны в нём до прототипирования и массового производства.

*Ключевые слова: Atesim, пропорциональный клапан с компенсацией давления, PVG32, коэффициент разгрузки.*

## Introduction

There are many fluid power machines in the industry. An example from material handling equipment is a forklift truck, as seen in Figure 1. Hydraulic circuit of it consists of load sensing variable displacement pump in the flow generation unit, a block of PVG32 valve in the control unit and number of actuators as users. As a single flow generation unit feeds different actuators to steer the wheels, lift the load and incline the forks, this paper focuses on a control valve **PVG32** involved in fluid power transfer.

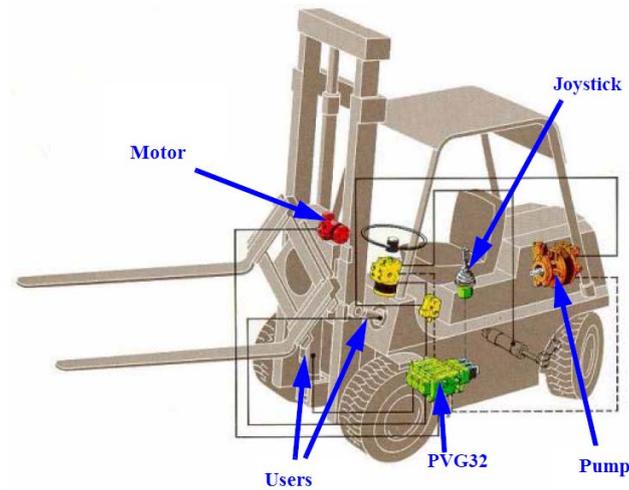


Figure 1 Forklift truck and hydraulic components involved

An example of the load sensing pre-compensation technique is a block of PVG32 made by Danfoss. As seen in Figure 2, there are 4 PVB modules followed by inlet module PVP dedicated for each module. Each PVB module comes with electro-hydraulic actuation PVE and manual drive PVM for safety.

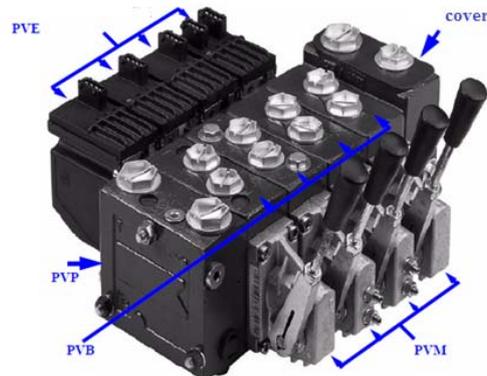


Figure 2 PVG 32 block

The flow rate controlled by each PVB is exclusively a function of the available command signal. In fact, the load-sensing PVG32 makes the flow independent of each user, while there is a variability of the load between users. Working principle of PVG32 is present in the manual of the valve [1] and Mirzaliiev [2] studied the valve with different types of spools.

In overall view, PVG32 can be simplified as in the diagram below. Pressure sensed from the user GU is present in DRV (differential relief valve, here as PVP) and fixed displacement pump pressure is equal to be  $p_u + s$ , while pressure drop across PVB is to be equal to constant value of  $s$ .

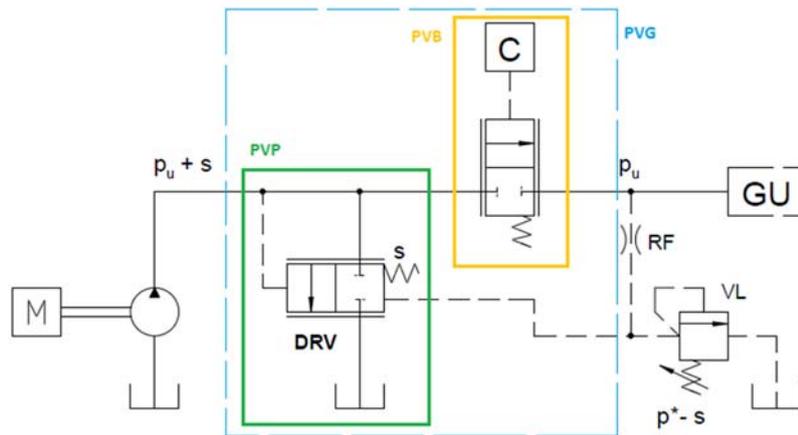


Figure 3 PVG layout

Functional diagram of the PVG can be seen in figure below. Pressure  $p_1$  is imposed by the pump, while  $p_2$  is imposed by user. Therefore,  $Q_2$  is imposed by the PVG, thus, operator command decides the flow rate via his joystick, hence the speed of the user is the function of operator signal.

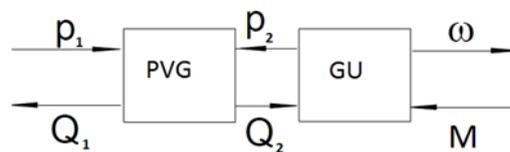


Figure 4 Functional diagram of PVG

Cross section of the PVB module is seen in figure below. Flow passing through the local compensator LC feeds port A or B depending on the main spool MS position, which is controlled by the operator via PVE or PVM.

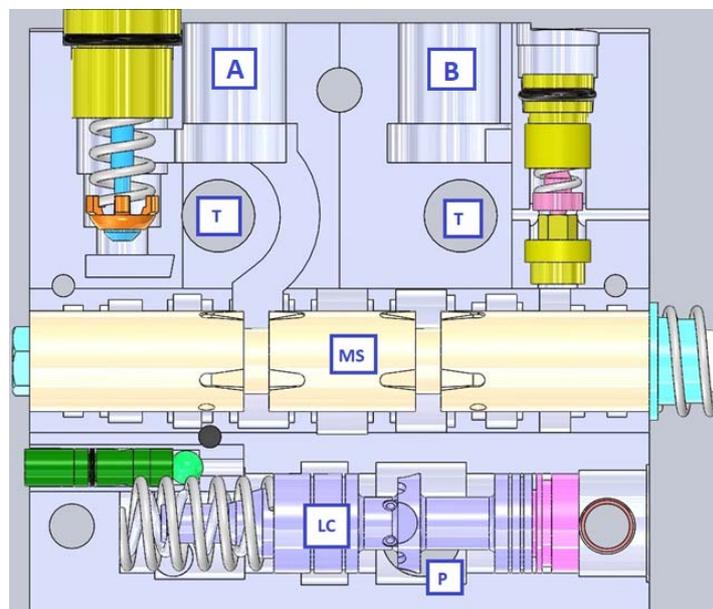


Figure 5 PVB cross section

## Experimental tests

### Experiment 1. Flow rate versus spool position.

To start the steady state analysis of the block PVG32, it is possible to assume that local compensator is fixed in its regulating condition. By design, one can assume that its fixed position during regulation is such to have maximum opening and this position doesn't vary considerably at steady state

operating condition. Therefore, in the experimental tests, the spacers are machined and mounted on the **local compensator to fix its position** in PVB block.

As there are many configurations of the spool in the PVB module, such as floating center (serial no 9782) or closed center (serial no 9721), in the laboratory test, floating center spool is chosen.

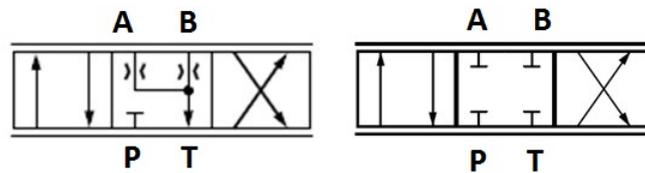


Figure 6 ISO schemes of floating center (left) and closed center (right) spools

Experimental test on flow rate vs spool position is done by attaching an analog position sensor to the spool lever and measuring flow rate with a flow meter HM11 (all data relevant to the experiment is seen in Appendix A). Data acquisition summary is seen in the figure 7 below.



Figure 7 Position sensor measuring handle displacement

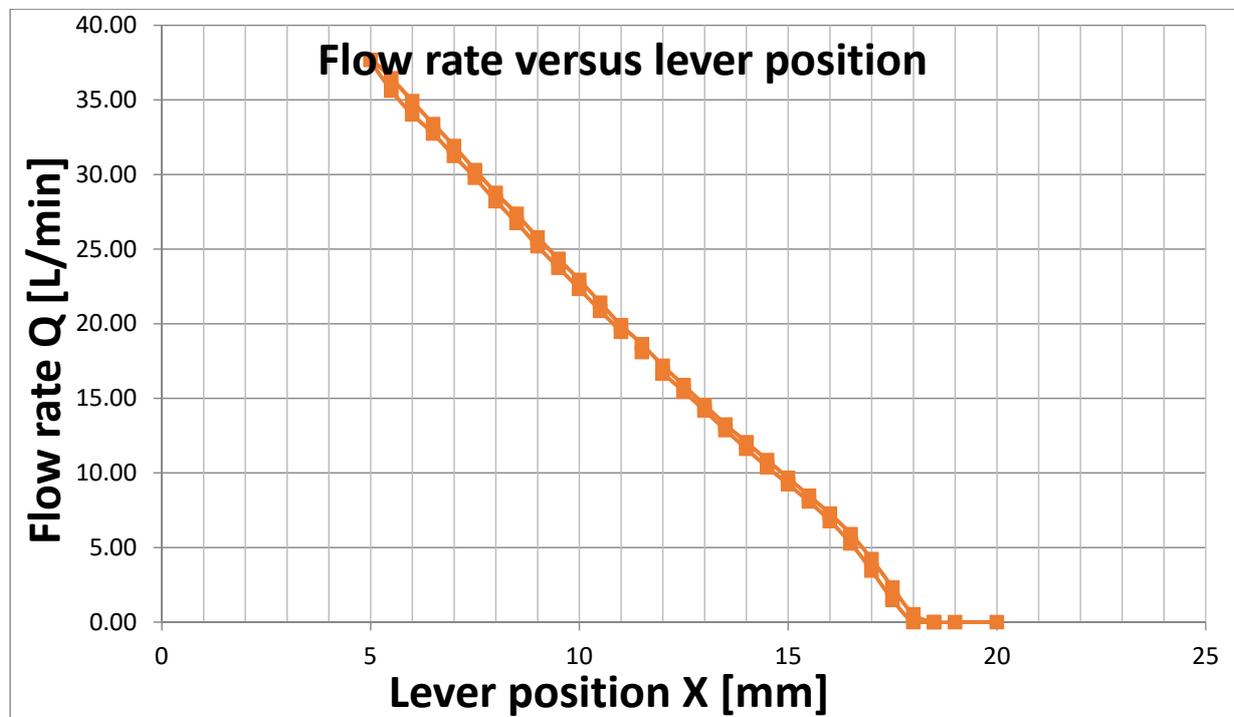


Figure 8 Summary of experimental test 1

Measurand hysteresis is observed and the average values of the flow rate  $Q$  are taken. It is

sufficient to consider couple of points of spool position, for example 1/3, 2/3 and maximum opening produced by the spool displacement in the base. Afterwards, these values of the flow rate  $Q$  vs position  $x$  are set as boundary condition in SolidWorks Flow Simulation and Amesim.

**Experiment 2: flow rate versus pressure.**

Working fluid is chosen MOBIL DTE25 at a temperature 38 °C, while tank gauge pressure is set to 0.5 bar (1.5 bar in absolute). Before conducting an experiment, pressure transducers are calibrated by using rotary dead weight tester. Experimental layout is seen in figure below. Flow generated by a flow generation unit in line P and present at the inlet of PVP. The pressure transducer 3 shows its pressure. Solenoid 4 controls the position of the main spool, while the analog position sensor 1 measures position of the spool lever. Venturi flow meter HM11 2 measures flow rate through line A. There are two pressure transducer measuring pressure at port A and B (not seen in picture). By acting on the spool with the solenoid 4, pressures at ports P, B and A are measured.

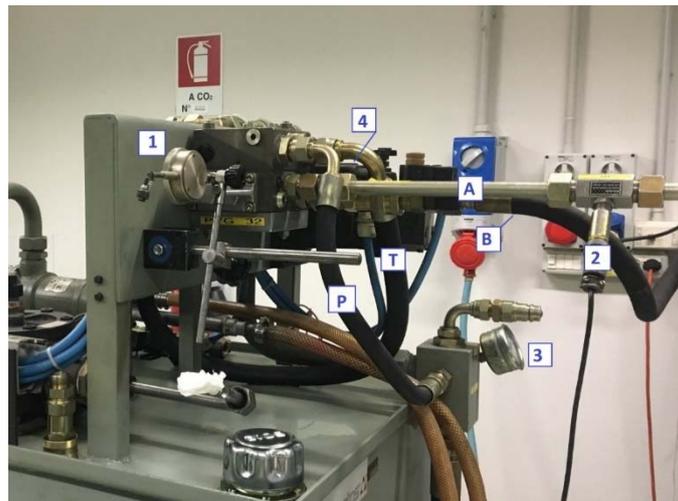


Figure 9 Experimental test layout

Figure 10 summarizes pressure flow characteristics obtained during the laboratory test.

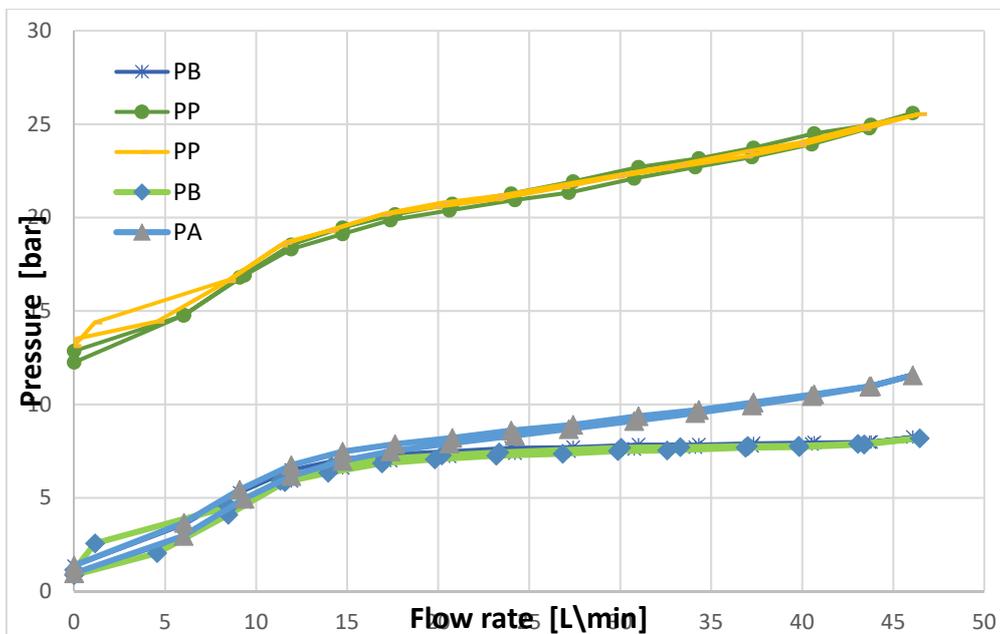


Figure 10 Experimental test values

As seen from the figure above, an upper graph shows two repetitions of pressure vs flow measurements at port P to observe repeatability. In the lower part of the figure, graphs of pressure vs flow rate of port A and B (with two repetitions) are seen.

### SoldWorks Flow Simulation

Solidworks Flow simulation is a convenient CFD tool. As it is mentioned above, spool position and flow rate are taken as boundary conditions. As an output of CFD simulation, the pressure drop across the PVB module  $\Delta p$  is computed. The outlet pressure can be set to ambient atmospheric pressure. It is also necessary to consider mesh sensitivity analysis to find the minimum number of cells able to accurately represent fluid-dynamics. For example, one can create a graph of  $\Delta p$  versus number of fluid cells, and reach asymptotic value for  $\Delta p$  as mesh is refined.

So the first observation should be to verify whether the pressure drop across PVG32 obtained by experiment is in line with the one generated with SolidWorks CFD. In case of positive result, by using values of  $\Delta p$ ,  $Q$  and  $A$ , it is possible to compute the discharge coefficients  $C_d$  at the metering edges of local compensator and the main spool by using the following well-known relationship (1).

$$Q = C_d A \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} \quad (1)$$

The following paragraph describes computation of discharge coefficient  $C_d$  at the metering edges of the main spool and the local compensator.

### B – T connection

Below is the table and graph of discharge coefficient  $C_d$  of the metering edge connecting B and T ports, when Amesim parameter  $C_d$  is chosen so that the pressure at port B approaches experimental test pressure pB.

Table 1 Amesim Cd approaching lab test results

Xs [mm]	Q [L/min]	Lab test pB [bar]	Amesim pB [bar]	Amesim Cd [-]
2,45	14,13	7,69	7,83	0,7080
3,78	23,34	8,77	8,50	0,6720
5,6	37,01	8,7	8,00	0,6870
6,5	43,06	8,89	8,60	0,7440
7	46,45	9,19	9,10	0,7590
<b>Mean value</b>				<b>0,7140</b>

Below is the table and graph of discharge coefficient  $C_d$  when Amesim parameter  $C_d$  is chosen to approach Solidworks Flow Simulation.

Table 2 Amesim Cd approaching Solidworks results

Xs [mm]	Q [L/min]	SWFS pB [bar]	Amesim pB [bar]	Amesim Cd [-]
2,45	14,13	11.0	7.83	0,65
3,78	23,34	10.90	8.2	0,67
5,6	37,01	10.70	8.5	0,71
7	46,45	11	10.5	0,72
<b>Mean value</b>				<b>0.6875</b>

### P – A connection

Below is the table and graph of discharge coefficient  $C_d$  of the metering edge connecting P and A ports, when Amesim parameter  $C_d$  is chosen to approach lab test values.

Table 3 Amesim Cd approaching lab test results

Xs [mm]	Q_P [L/min]	pA [bar]	Lab pP [bar]	Amesim pP [bar]	Amesim Cd
---------	-------------	----------	--------------	-----------------	-----------

2,23	11,93	6,75	19,55	19,4	0,695
3,98	24,04	9,61	22,28	25,25	0,782
5,76	37,32	11,11	24,73	23,81	0,675
7	46	12,56	25,6	25,1	0,685
				<b>Mean</b>	<b>0,70925</b>

Below is the table and graph of discharge coefficient  $C_d$  of the metering edge connecting P and A ports, when Amesim parameter  $C_d$  is chosen to approach Solidworks values.

Table 4 Amesim  $C_d$  approaching Solidworks results

Xs [mm]	Q_P [L/min]	pA [bar]	SWFS pP [bar]	Amesim pP [bar]	Amesim Cd
2,23	11,93	6,75	23,3	19,4	0,61
3,98	24,04	9,61	25,18	25,25	0,708
5,76	37,32	11,11	25,26	23,81	0,66
7	46	12,56	24,22	25,1	0,725
				<b>Mean</b>	<b>0,67575</b>

In summary, it is seen that discharge coefficients at the P-A and B-T connections fluctuates around 0.7. Regarding  $C_d$  at local compensator, CFD simulation demonstrated insignificant pressure drop across LC. Therefore, it is possible to set  $C_d=0.7$  at the metering edges of the mathematical model of PVB module.

### Amesim modeling of PVB module

Below is the mathematical model of the PVB. It is composed two components, namely, the local pressure compensator on the left and the main spool on the right. Ports A and B are interconnected via restrictor. As input parameters, position of the spool and pressure is given. As an output, flow rate through the valve is computed. As the experimental simulation is performed with fixed LC, mass component of the local compensator model has upper displacement limit.

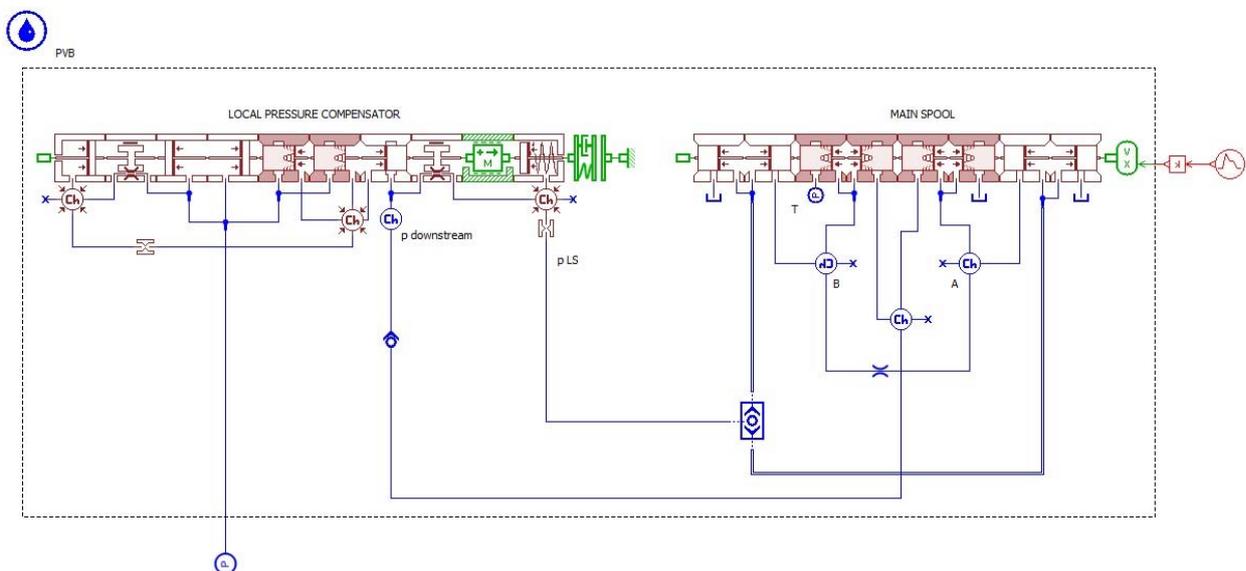


Figure 11 Amesim model of PVB

Below is the table of flow rates in experimental test and Amesim simulation. The first two columns are the input to Amesim model: position of the spool and the inlet pressure. The final column is the flow rate produced by the Amesim model. As seen in the table and bar chart below, the Amesim model demonstrates accurate results of flow rate with respect to experimental test.

Xs [mm]	P <sub>p</sub> lab	Q lab [L/min]	Q Ame [L/min]
---------	--------------------	---------------	---------------

1,38	14,78	4,23	4,4
2,33	18,77	9,66	11,8
3,5	20,73	15,87	17,7
4,667	22,36	22,94	25,8
5,83	23,85	30,29	33,1
7	25,6	37,68	38,1

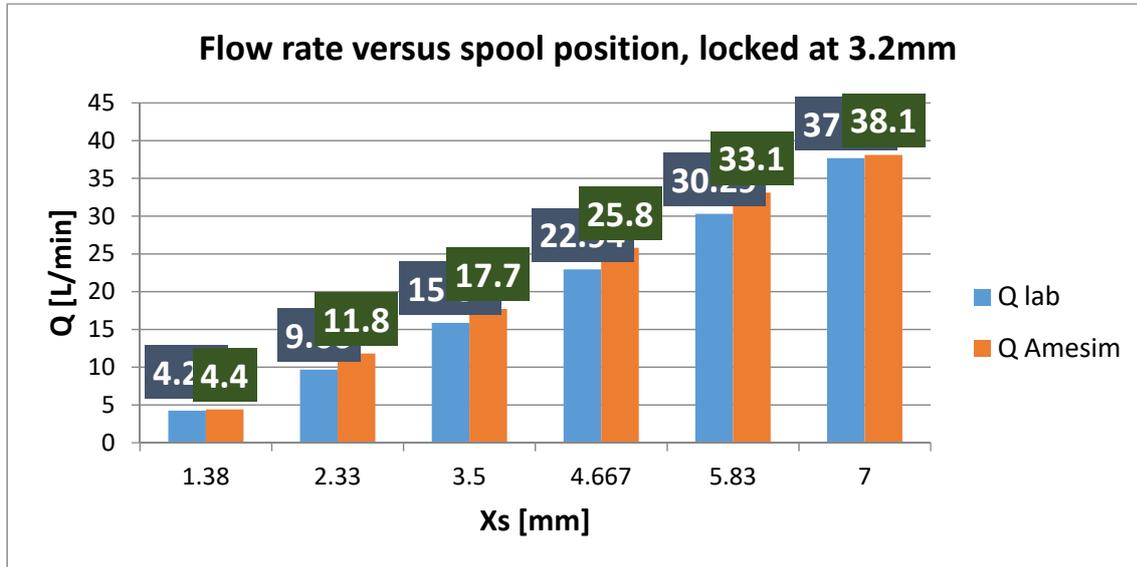


Figure 12 Flow rate vs. spool displacement with LC locked at 3.2 mm

Now it is possible to pose a question: what happens if LC is free to regulate? In other words, can the Amesim model of the PVB suitably replicate the experimental test results when LC has no upper displacement limit? The answer lies in the most important part of the main spool, i.e. the notch connecting power port with the working port. Therefore with great attention, flow area versus displacement data should be calculated for the notch connecting working port, 3D of which is given below.

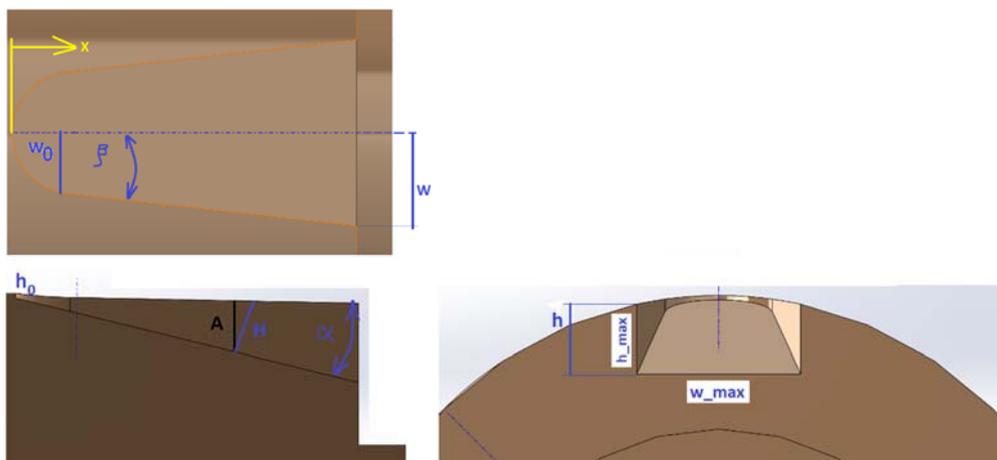


Figure 13 Notch and some useful nomenclature used for analytical calculation of the flow area versus displacement

Orthogonal area.

Orthogonal area (aka axial) has the shape of rectangle. From 3D drawing as above, it is possible to obtain the following information:

$$\alpha = 13.4^\circ \text{ and } h_0 = 0.29\text{mm}; \quad w_0 = 1.27\text{mm} \text{ and } \beta = 6.37^\circ; \quad (2)$$

$A$  is the plane perpendicular to spool axis and  $A = A_1 + A_2$ , where  $A_1$  is the area of the rectangle of width  $2w$  and  $h$ ; and  $A_2$  is the area of the segment between arc and rectangle. Let us assume that the latter is negligible, i.e.  $A_2 \approx 0$ .

The area of the rectangle is then

$$A = A_1 = 2w \times h \quad (3)$$

$H = \frac{A}{\cos\alpha}$  is a plane normal to the notch skew plane.

Let  $h_1$  be the height of the rectangle at displacement  $x$ . Then  $h_1 = \tan\alpha \times x$ . Analogously, we relate  $w$  with spool position  $x$ .

$$h = h_0 + h_1 = h_0 + \tan\alpha \times x; \quad w = w_0 + w_1 = w_0 + \tan\beta \times x \quad (4)$$

### Frontal area

Frontal area (aka radial) is the sum of the trapezoid  $F_2$  and a half circle  $F_1$ .

$$F = F_1 + \frac{2(w+w_0)}{2} \times x \quad (5)$$

$F_1$  is calculated with reference to [3].

Finally, by choosing minimum between frontal and orthogonal areas,  $x\_H1.data$  file is generated with the help of  $x\_H1.xls$  file and the former is imposed to Amesim file *dummysnotch.ame*. For the parameters of the notch, in the generation of files, data file is chosen. The flow area versus displacement is seen in the figure below. As seen there, the relationship graph is continuous, except for 1.5 mm of spool displacement.

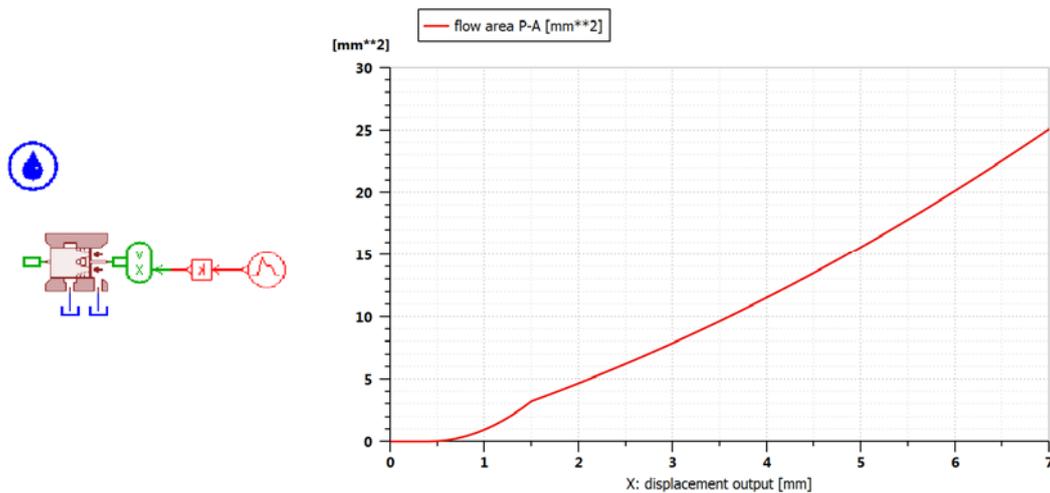


Figure 14 Dummy notch and the flow area versus spool displacement

It is necessary to note that at the maximum stroke flow area is equal to 25.10 mm<sup>2</sup>. Below is the spool notch dimensions at its edge.

Width $w_{\max}$ [mm]	3.85
Height $h_{\max}$ [mm]	1.70

Finally, flow versus spool displacement is depicted in figure below.

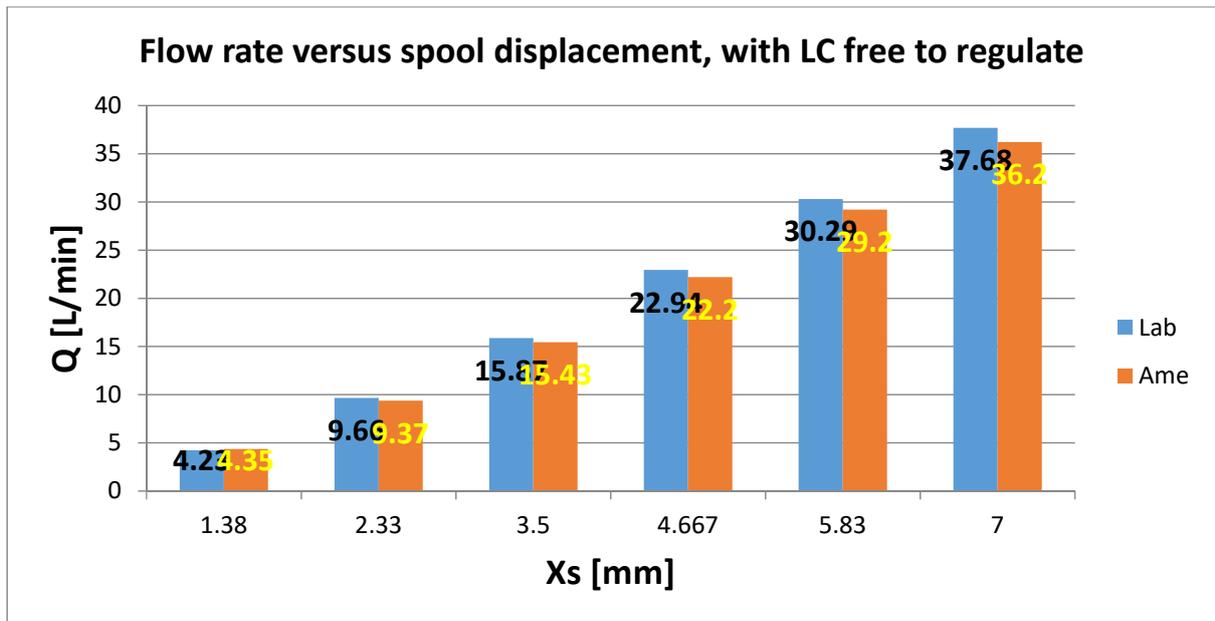


Figure 15 Flow rate versus spool displacement with LC free to regulate

As it is seen in the bar chart above, flow rate versus spool displacement in Amesim model is very close to the one obtained by the experimental test.

#### Summary

In summary, the mathematical model made in Amesim of the PVB module of the PVG32 block correctly describes the real valve.

#### Notes.

Experimental data for the validation of the model have been “kindly” supplied by the Professor **Massimo Rundo** (massimo.rundo@polito.it) of Fluid Power Research Lab (www.fprl.polito.it) at Politecnico di Torino.

#### References

- [1] Technical Information. PVG 32. Proportional Valve Group.  
<http://files.danfoss.com/documents/52010344.pdf>
- [2] Simulation of a load sensing forklift truck, Master thesis, Sanjar Mirzaliev.
- [3] Fluid Power Engineering, Galal Rabie. Chapter 3.

## ПУТИ УВЕЛИЧЕНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ МОБИЛЬНЫХ МАШИН

*Хикматов Ш.И. -Ташкентский институт по проектированию, строительства и эксплуатации автомобильных дорог,*

*Мирхаитов У.Т. -Ташкентский государственный технический университет, Ташкент*

#### Аннотация

В данной работе рассмотрены вопросы замены двигателей автомобилей с другими марками зарекомендовавшихся себя в тяжёлых условиях эксплуатации. Предложены методы расчета динамики трансмиссии при замене.

*Ключевые слова: Тюнинг, динамическая модель, крутильное колебание, опрокидывающий момент.*

Технический уровень и конкурентоспособность современных мобильных машин во многом определяется использованием в их конструкциях новых научно-технических достижений.

Однако, выпускаемые в настоящее время и поставляемые в Центрально –Азиатский регион грузовые автомобили и автопоезда, спроектированы, и изготовлены умеренной климатической

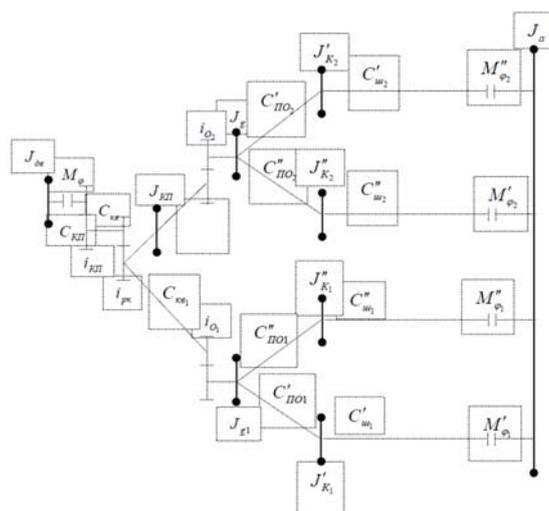
зоны и поэтому не соответствуют экстремальным специфическим условиям и характеристикам жаркого сухого климата: сильной солнечной радиации, высокой температуры окружающей среды +45 ... 50° С, повышенной запыленности, низкой влажности и т.д.

Поэтому действия в данном регионе перечисленных факторов приводят к снижению потребительских и эксплуатационных свойств, следовательно падению эффективности использования автомобилей в условиях жаркого климата. В настоящее время из – за нехватки или отсутствия запасных частей простаивают тысячи автомобилей.

В мире успешно функционирует тюнинг-направление. Цель данного направления заключается в том, что на базовые автомобили устанавливаются различные агрегаты и узлы других автомобилей. В результате получается новый автомобиль, соответствующий заданным требованиям [1].

В связи с этим исследование динамики трансмиссии мобильных машин является актуальной. Первым этапом решения задачи исследования динамики является разработка адекватной динамической модели, приведенной на рисунке [2].

Данная динамическая модель обладает 9 степенями свободы и для анализа крутильных колебаний и расчета силового нагружения элементов трансмиссии необходимо составить 9 взаимосвязанных дифференциальных уравнений 2<sup>го</sup> порядка.



Эквивалентная динамическая модель трансмиссии мобильной машины с колесной формулой 4x4

В настоящее время методы исследования таких сложных колебательных систем разработаны, но анализ вынужденных неустановившихся крутильных колебаний весьма трудоемок.

Поэтому необходимо упростить динамическую модель трансмиссии исходя из режимов движения и динамических параметров деталей и узлов трансмиссии.

Приведенная податливость трансмиссии мобильной машины с колесной формулой 4x4 имеет вид

$$\frac{1}{C_{Тпр}} = \frac{1}{C_{П01}} i_{O1}^2 i_{pk}^2 i_{кп}^2 + \frac{1}{C_{П02}} i_{O2}^2 i_{pk}^2 i_{кп}^2 + \frac{1}{C_{кв1}} i_{pk}^2 i_{кп}^2 + \frac{1}{C_{кв2}} i_{pk}^2 i_{кп}^2 + \frac{1}{C_{нв}} i_{кп}^2 + \frac{1}{C_{кп}} \quad , \quad (1)$$

где:  $C_{П01}$  - жесткость полуосей переднего моста (Н/м);  $C_{П02}$  - жесткость полуосей заднего моста (Н/м);

$C_{кв1}$  - жесткость карданного вала привода переднего моста;  $C_{кв2}$  - жесткость карданного вала привода заднего моста;  $C_{нв}$  - жесткость ведущего вала коробки передач;  $C_{кп}$  - жесткость вала

между коробкой передач и раздаточной коробкой;  $i_{O_1}$ ,  $i_{O_2}$  - передаточные отношения главных передач переднего и заднего мостов;  $i_{pk}$ ,  $i_{KП}$  - передаточные отношения раздаточной коробки и коробки передач.

Приведенная тангенциальная податливость шин определяется по формуле

$$\frac{1}{C_1} = \frac{1}{C_{ш_1}} i_{O_1}^2 i_{pk}^2 i_{KП}^2; \quad (2)$$

$$\frac{1}{C_2} = \frac{1}{C_{ш_2}} i_{O_2}^2 i_{pk}^2 i_{KП}^2, \quad (3)$$

где:  $C_{ш_1}$ ,  $C_{ш_2}$  - тангенциальная жесткость шин ведущих колес;

Приведенный суммарный момент инерции ведущих колес определяется из выражения

$$J_2 = J_{k_1} \frac{1}{i_{KП}^2 i_{pk}^2 i_{O_1}^2}; \quad (4)$$

$$J_3 = J_{k_2} \frac{1}{i_{KП}^2 i_{pk}^2 i_{O_2}^2}. \quad (5)$$

Приведенный момент инерции крутильной массы, эквивалентной поступательно движущейся машины определяется по формуле

$$J_{a_{np}} = m_a \frac{r_k^2}{i_{KП}^2 i_{pk}^2 i_{O_1}^2} \quad (6)$$

где:  $m_a$  - масса машины;  $r_k$  - радиус качения колес.

Приведенные моменты сопротивления на ведущих колесах и опрокидывающий момент, действующий на корпус машины имеют вид

$$M_{C_1} = M_{K_1} \frac{1}{i_{KП} i_{pk} i_{O_1}}; \quad (7)$$

$$M_{C_2} = M_{K_2} \frac{1}{i_{KП} i_{pk} i_{O_2}}; \quad (8)$$

$$Ma = \frac{Ma^o}{i_{KП} i_{pk} i_{O_1}}, \quad (9)$$

где  $Ma^o$  - опрокидывающий момент, действующий на корпус машины;

$M_{K_1}, M_{K_2}$  - моменты сопротивлений на колесах.

Из рассмотрения элементов колебательной системы, эквивалентной трансмиссии мобильной машины, можно сделать выводы:

1. Приведенные моменты инерции масс являются постоянными величинами.
2. Коэффициенты диссипации и скорости деформации не связаны с координатами, определяющими движение системы.

3. Таким образом, динамическая модель трансмиссии автомобиля является системой с сосредоточенными и постоянными параметрами с учетом принятых допущений можно считать линейной колебательной системой.

Для разработки данного технического проекта произведены необходимые технико-экономические расчеты, получены технические условия и разработаны технические условия для замены двигателей мобильных машин [3, 4].

## Литература

- [1] Хикматов Ш.И., Алимухамедов Ш.П., Ахмедов Д.А., Нарзиев С.О. Динамика трансмиссии колесных мобильных машин. Ташкент, Adabiyot uchqunlari, 2017. - 188 стр.
- [2] Шупляков В.С. Колебания и нагруженность трансмиссии автомобиля. - М.: Транспорт, 1974. -327 с.
- [3] Техникавий шартлар.УзТШ 40.5-01-96. Д-240 дизель двигателли ГАЗ-ДДА-53(52) русумли автомобиль.
- [4] Техникавий шартлар.Уз.ТШ 40.5-02-96. Д-245 дизель двигателли ЗИЛ-ДДА-130 русумли автомобиль.

## КИНЕТИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОТИВОИЗНОСНЫХ РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЛОЕВ В МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНЫХ ТРИБОСИСТЕМАХ

*к.т.н., доц. Шарифходжаева Х.А. (ТИПСЭАД, Ташкент, Узбекистан)*

*Юлдашева Г.Б. (ТИПСЭАД, Ташкент, Узбекистан)*

Как следует из классических представлений о механизмах трения и изнашивания металлополимерных трибосистем [1], параметры ее стабильной эксплуатации определяются, преимущественно, структурой и характеристиками разделительного слоя в области фрикционного контакта.

Известно, что морфология поверхностного слоя элемента пары трения (вала) оказывает существенное влияние на кинетику переноса и формирования разделительного слоя [1].

Существует два основных методологических подхода к формированию разделительных слоев в паре трения. Первый основан на управлении кинетикой переноса фрагментов триборазрушения полимерного компонента на сопряженную поверхность и закреплении их под действием физико-химических процессов в зоне фрикционного контакта.

Другим, более эффективным путем образования разделительного слоя в трибосистеме является предварительное нанесение тонких пленок, в т.ч. полимерных и олигомерных, на поверхность деталей пары трения.

Были проведены исследования кинетики формирования разделительных перенесенных слоев на покрытии из нитрида титана с капельной фазой и без нее при трении углеродных композиционных материалов. В качестве углеродных композиционных материалов использовали образцы из прессованного порошка графита и композиционного материала на основе политетрафторэтилена под торговой маркой «Флубон-20».

Проведенные АСМ-исследования морфологических особенностей формирования перенесенных слоев графита на покрытия нитрида титана показали, что уже при первом цикле взаимодействия на поверхности покрытия из нитрида титана закрепляются частицы износа поверхностного слоя графитового композита (рис.1, б). Дальнейшее увеличение числа циклов трения существенно интенсифицирует процесс переноса (рис.1, ж), а после 30 циклов взаимодействия процесс переноса становится установившимся. В режиме установившегося трения трибосистемы на поверхности подслоя из нитрида титана образуется несплошной и неравномерный по строению слой переноса (рис.1. и, к).

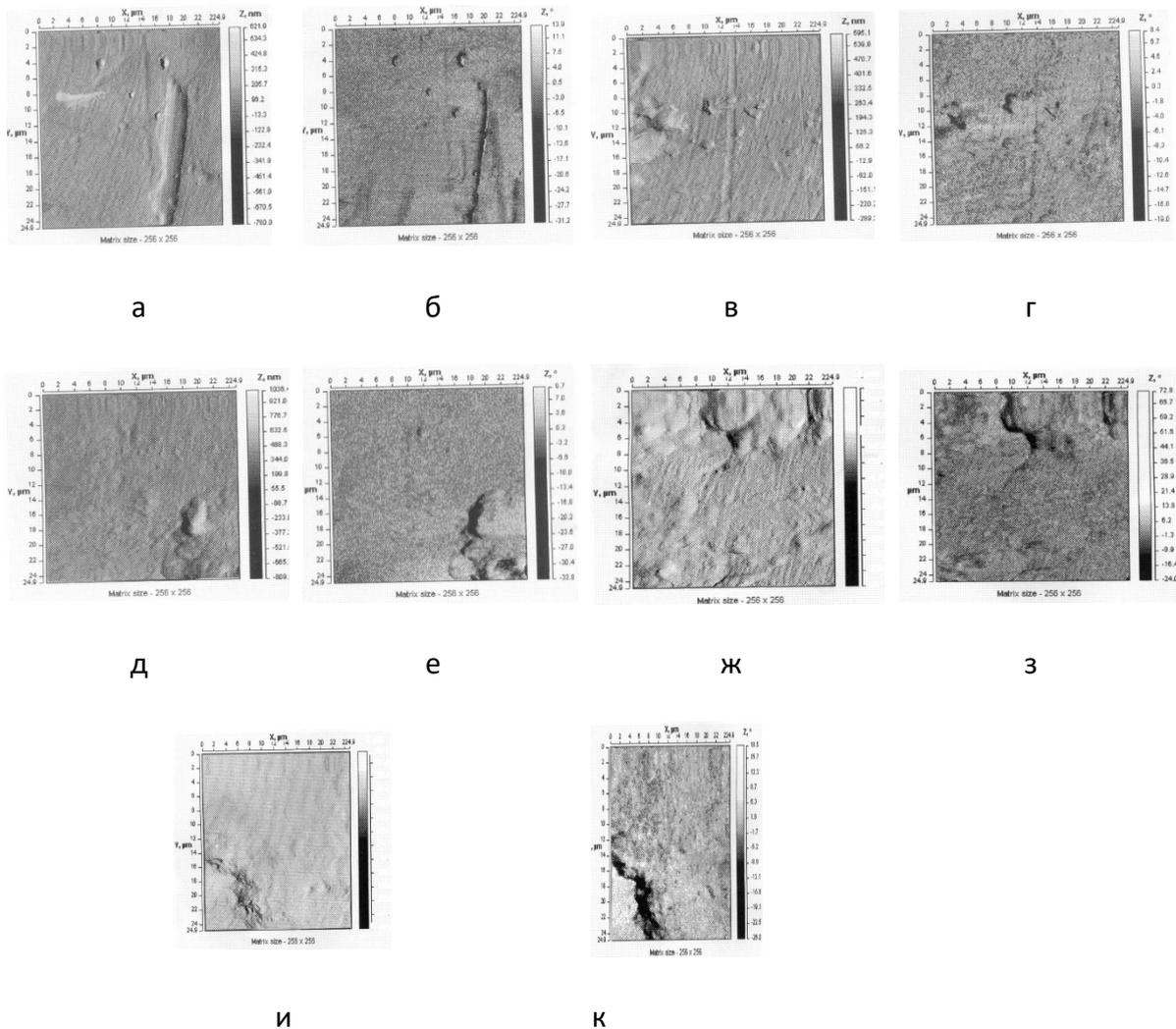
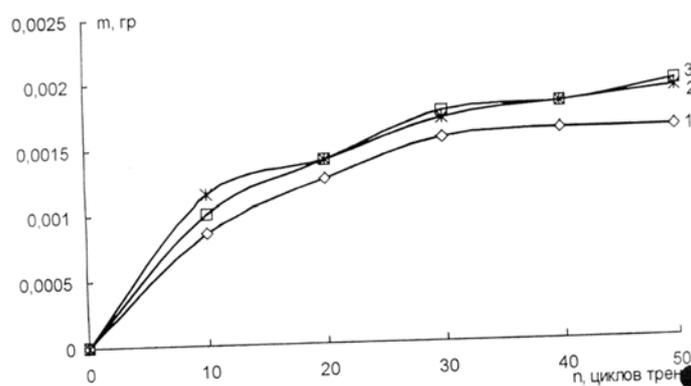


Рис. 1. Морфология подслоя TiN на стали 45

исходный (а, б): после 1 цикла (в, г); после 3 циклов (д, е); после 7 циклов (ж, з); после 30 циклов (и, к)

Как следует из графика (рис.2) наибольший массовый перенос наблюдается на покрытиях из нитрида титана, содержащих капельную фазу. Наблюдается повышение величины удельной поверхности слоя переноса на данном покрытии в 2 раза по сравнению с поверхностью переноса на покрытиях, не содержащих капельную фазу (рис.2). Данное явление объясняется существенным влиянием микрогеометрии поверхности нитрида титана, т.е. в роли центров образования перенесенного слоя выступают в данном случае капельная фаза, причем, чем больше размеры и количество капельной фазы, тем интенсивнее и равномернее образуется слой переноса.



**Рис. 2. Зависимость массопереноса от числа циклов трения графитового композита по контртелу из стали 45 с нанесенным подслоем TiN без капельной фазы (1, 2) и с капельной фазой (3)**

Существенное различие во влиянии морфологии подслоя из TiN на кинетику и механизм образования перенесенного слоя проявляется в однородности строения, обуславливающей величину удельной поверхности пленки переноса от времени (числа циклов) контактирования элементов трибосистем.

Близкий механизм формирования разделительного слоя свойственен и при трении композита на основе ПТФЭ, модифицированного графитом и углеродным волокном (композит «Флубон-20»).

В результате формирования разделительного слоя в трибосистеме реализуется равновесная шероховатость поверхности трения, зависящая от состава и строения компонентов (табл.1).

*Таблица 1*

*Параметры шероховатости  $R_a$  металлических контртела с подслоем TiN после трения*

Пара трения	Показатель шероховатости $R_a$ на подслое		
	нитрид титана № 1	нитрид титана № 2	нитрид титана № 3
Исходный	0,1	0,18	0,35
После трения с графитом	0,13	0,25	0,25
После трения с флубоном	0,12	0,20	0,30

Как и в случае применения подслоя из TiN с капельной фазой микронеровности, образованные фосфатированием или химическими процессами, способствуют образованию разделительного слоя повышенной устойчивости, способствующие стабилизации триботехнических характеристик пары трения.

Введение в зону фрикционного взаимодействия фторсодержащих олигомерных продуктов оказывает существенное влияние на кинетику формирования разделительного слоя и его морфологию.

Установлено, что независимо от технологии подготовки поверхностного слоя металлического контртела из стали 45 (подслой из TiN без капельной фазы и с капельной фазой, отпескоструенный подслоя или фосфатированный в течение 5-30 мин) и типа использованного олигомера (Ф-1, Ф-14), наблюдается интенсификация процесса переноса и формирование разделительного слоя.

Различные методы подготовки элементов трибосистем с целью придания им заданной морфологии поверхности трения позволяют обеспечить интенсивный массоперенос и формирование разделительного слоя с предельной площадью не менее 50 % после кратковременного режима приработки [2].

Выбор конкретной технологии подготовки морфологии контактной поверхности элементов трибосистемы, составов олигомерных тонкопленочных покрытий и компонентов, формирующих разделительные слои заданной структуры, обусловлен техническими требованиями, определяющими ресурс, качество продукции и затраты на реализацию.

**Список используемой литературы:**

- [1] Овчинников, Е.В. Тонкопленочные наноконпозиционные и нанофазные покрытия для узлов трения / Е.В. Овчинников [и др.] // Инженерный вестник, №1 (27), 2009.-С.83-91.
- [2] Овчинников, Е.В. Тонкие пленки фторсодержащих олигомеров: основы синтеза, свойства и применение / Е.В. Овчинников, В.А. Струк, В.А. Губанов.- Гродно: ГГАУ, 2007.- 326с.

## ДЕМПФЕРУЮЩИЕ СВОЙСТВА СИСТЕМЫ ПОДРЕССОРИВАНИЯ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО ТРАКТОРА

д.т.н., проф. Ш. Имомов, к.т.н., доц.А. Комилов, к.т.н., доц.И.Маърупов,

соискатель Д. Туранкулова.

(Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства. г. Ташкент, Узбекистан)

### Аннотация

В статье приведены результаты испытания демпфирующей системы опытно-производственного трактора «Шухрат» разработанного коллективом кафедры «Тракторы и автомобили» ТИИИМСХ и БФТИИИМСХ. В статье указано, что во время эксплуатации любого тракторного средства помимо упругодемпфирующих свойств системы поддрессоривания на эксплуатационные качества и плавность движения влияют также распределение масс по длине трактора и геометрические параметры колесной базы,

*Ключевые слова: демпфер, рессора, трактор, система, испытания*

Сельское хозяйство было и остается одной из наиболее транспортёмких отраслей национальной экономики республики Узбекистан. Реализация национальных проектов развития сельского хозяйства, даже несмотря на современную экономическую ситуацию, должна привести в перспективе к увеличению объема пахоты, а, следовательно, и к увеличению парка пахотных тракторов. Основным недостатком, таких тракторов являются системы поддрессоривания, негативно влияющие на виброзащитные свойства трактора и линейная характеристика жесткости упругого элемента. Нелинейности характеристики, хоть и в небольших пределах, можно достичь установкой серьги с наклоном на легких и средних грузовиках или за счет цилиндрической задней опоры на тяжелых тракторах. Также удастся увеличить жесткость путем установки поддрессорника или нижней дополнительной рессоры, делающей характеристику подвески прогрессивной [1,2].

Как известно основной способ повышения плавности хода и виброизоляционных свойств трактора - улучшение качества системы поддрессирования. Сама по себе система поддрессирования состоит из направляющего, упругого и демпфирующего устройств. Направляющее устройство воспринимает силы и моменты, действующие на колесо, определяет характер перемещений колеса относительно несущей системы [3,4].

При исследовании системы поддрессирования опытно производственного трактора «Шухрат» нами в качестве направляющего устройства были использованы стабилизаторы, представляющие из себя торсионные стержни (рис.1.а, б.), закручивающиеся при крене.

Упругое устройство передает вертикальные силы, действующие со стороны колеса на несущую систему трактора. В качестве упругого элемента использовали листовые рессоры 2, пружины и торсионы 1, 3, пневматические упругие элементы. С целью уменьшения поперечного крена трактора использовали дополнительное упругое устройство 4, так называемый, стабилизатор поперечной устойчивости.



Рис.1. Система поддрессоривание опытно производственного трактора «Шухрат»

Предложенное демпфирующее устройство полностью обеспечивало затухание колебаний кузова и колес трактора. Однако при возделывании относительно твердых залежных земель (227 гектар стерня) Бухарской области Жандарского района наблюдалось частые поломки демпфирующего устройства (рис.2). Исходя из результатов опыта трактора во время эксплуатации тракторного средства помимо упруго - демпфирующих свойств системы подрессоривания на эксплуатационные качества и плавность движения влияют также распределение масс по длине трактора и геометрические параметры колесной базы. При этом имеется большое количество норм, стандартов и условий, определяющих массово - центровочные и моментные характеристики, которые позволяют обеспечить защиту несущей конструкции от влияния действующих вибронагрузок и обеспечить соответствие проектируемого изделия.



**Рис.2. Поломки демпфирующего устройство при  
испытания трактора «Шухрат»**

Это значит, что при выборе подвески необходимо учитывать ряд параметров, которые в совокупности, в рамках данной работы, называются системой виброизоляции тракторного средства: упруго - демпфирующие параметры подвески; упругую характеристику шин; параметр колесной базы.

#### **Список использованной литературы.**

- [1] Блинов Е.И. Новая концепция модели подвески автомобиля/ Е.И.Блинов //Известия вузов. Машиностроение. - 2003. -№3. С.52-62.
- [2] Марков С.В., Лата В.Н., Еремина И.В. Математическая модель автомобиля для исследования его движения по неровной дороге. Третья всероссийская научно-техническая конференция «современные тенденции развития автостроения в России». –Тольятти. - 2003. -С.133-136.
- [3] E.Fayzullaev. Transport vositalarining tuzilishi va nazariyasi. Darslik. Toshkent.: Yangi asr avlodi, 2006 yil, 376 bet.

#### **МЕТОД ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ В КОНСТРУКЦИЮ С УЧЕТОМ КЛИМАТИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ИСХОДЯ ИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ АВТОМОБИЛЕЙ**

*Д.т.н., проф. К.А. Шарипов (ТТПУ), Ph.D. Б.А.Каюмов (АндМИ), Ю.Б.Абдуллажонова (студент 1 курса «Автомобилестроение», АндМИ)*

Как известно, затраты на эксплуатацию находятся в прямой зависимости от надежности автомобилей, т.е. чем выше надежность автомобиля, тем меньше затрат потребуются на его содержание.

В мире ведущие компании производящие автомобилей основное внимание уделяют к проблемам повышения надежности автомобиля и его частей в процессе эксплуатации, т.е.

безотказности систем. Так как увеличение показателей безотказности и надежности в целом приводит к повышению конкурентоспособности на рынке.

В связи с этим приобретает особую значимость производства автомобилей, которые должны отвечать требованиям природно-климатических и дорожных условий мест эксплуатации. Поэтому повышение надежности автомобилей приобретает первостепенное значение в связи с большим экономическим эффектом, который может быть при этом получен. Для этого в первую очередь, при конструировании автомобилей необходимо заложить основы для безотказной работы систем и узлов автомобиля и его в целом и проверить должным образом методами различных испытаний.

Установлено что, транспортные средства эксплуатирующийся в территориальных зонах Центральной Азии, работают под действием высокой температуры и запыленности воздуха окружающей среды [1,2]. Климат в Центральной Азии является резко континентальным, лето - продолжительное и очень жаркое, а зима - короткая и холодная. Днем абсолютная максимальная температура воздуха в тени достигает  $+45...47^{\circ}\text{C}$ , а ночью падает до  $+10^{\circ}\text{C}$ , колебание температуры в течение 8 часов может достигать  $25...30^{\circ}\text{C}$ , а в горных районах, где после сильной жары в  $40-47^{\circ}\text{C}$  автомобиль, проходя через горные перевалы, попадает в условия, когда температура атмосферного воздуха составляет всего  $0...1^{\circ}\text{C}$ , т.е. резкий перепад температуры, в этом случае, составляет  $40...46^{\circ}\text{C}$ . Запыленность атмосферного воздуха в значительной части территории Центральной Азии, достигает  $3,5 \text{ г/м}^3$ , а во время сильных ветров и бурь –  $17 \text{ г/м}^3$ , что в десятки и более раз выше, чем запыленность воздуха в умеренной климатической зоне ( $0,0003...1,4 \text{ г/м}^3$ ) [3].

В связи с вышеизложенным мы предлагаем применять при конструировании и испытании автомобилей метод DRBTR (Design Review Based on Test Results) – Пересмотр базовой конструкции согласно результатов испытаний.

Что такое DRBTR ?



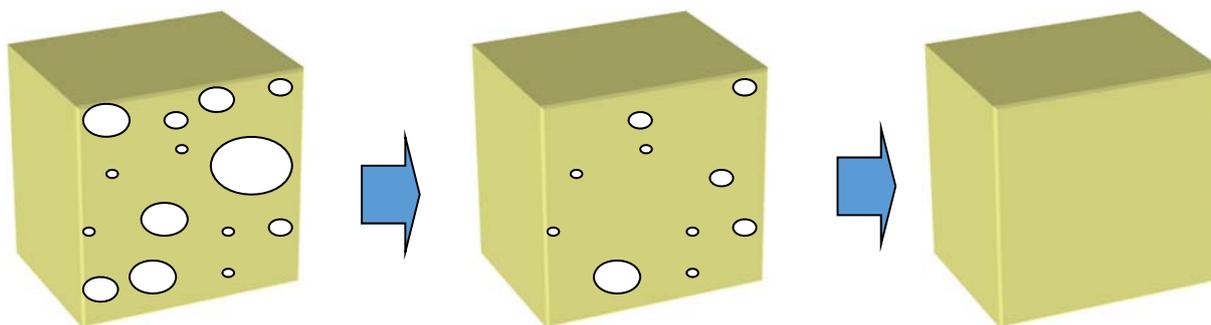
**“Причина проблемы”**

Что :	совещание/ испытание опытного образца;
Кто :	конструктор, испытатель, утверждающий инженер, эксперт поставщика;
Когда :	после испытаний;
Где :	в лаборатории;
Почему:	находка причины проблемы по MIZENBOUSHI;
Каким образом:	пойти и увидеть реальный предмет.

DRBTR - это внимательное изучение результатов испытаний со всех сторон конструктором, испытателем, утверждающим инженером, при необходимости с экспертом поставщика;

- найти решение, основную причину, понять эффективность контрмеры, сравнить результаты ранее проведенных аналогичных испытаний и найти все симптомы приводящее к отказу.

- провести тщательный пересмотр вышеуказанных причин, и найти корень проблемы для обсуждения и реализации решений.



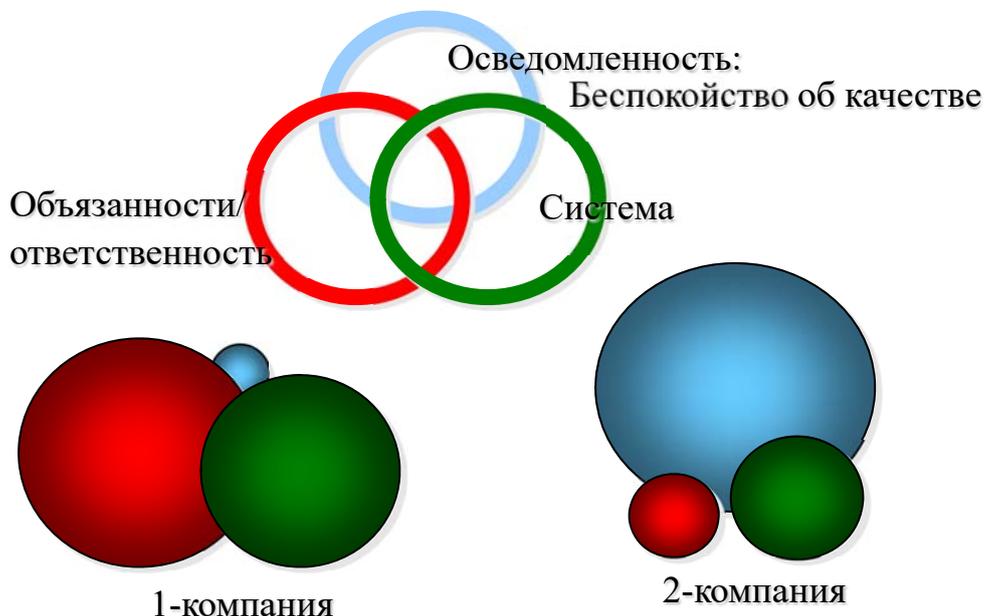
Данный метод впервые был предложен японским учёным, профессором университета «Kyushu University» Mr. Tatsuhiko Yoshimura.

В настоящее время клиенты требуют долгосрочных QRD, т.е. высокое качество при высокой надёжности и долговечности, но как всем известно данные факторы влияют на повышения себестоимости. Для минимизации себестоимости и увеличения долговечности с путем повышения надёжности нужно пользоваться методом DRBTR.

Традиционный американский подход к проектированию с помощью пробега пугало и не устраивало никого.

Yoshimura вводит понятие MIZENBOUSHI. Для ликвидации этого разрыва проектирование на конкурсной основе, мы должны не только устранения известных проблем, но и предвидеть и устранения проблем, прежде чем они возникнут.

\* Для прогресса быстрого решения проблем по предотвращению проблем найдите причины проблем и устраните их, пока они разрастутся.



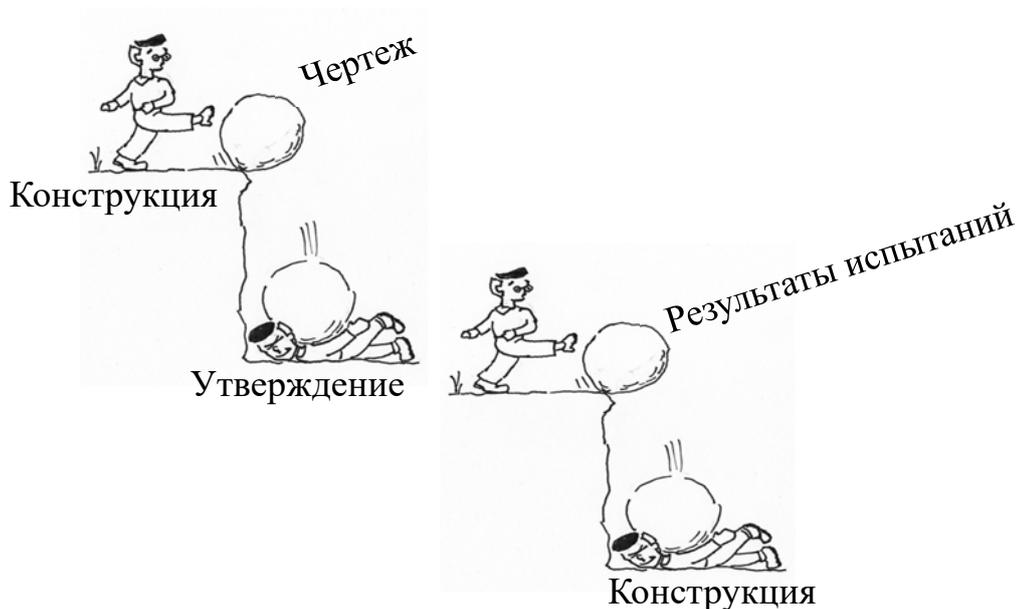
Как мы видим в одной компании основное внимание уделено на качество продукции, а в другом превыше всего ответственность за качественный продукт, при этом в равной степени не уделено внимание на системизацию работ. Поэтому необходимо уравновешивать все факторы.

Данный вопрос мы будем просматривать в примере:

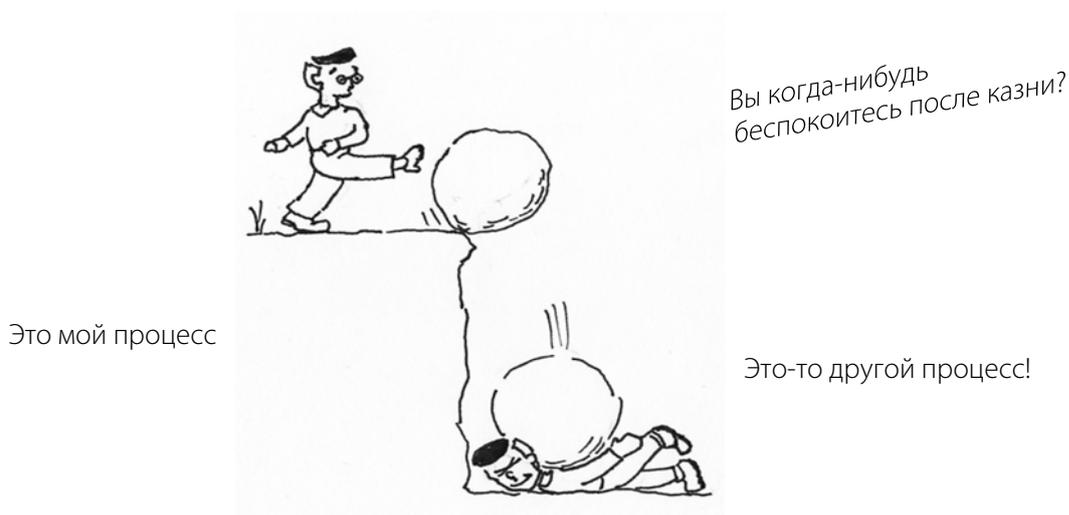
Поставлено задача - конструирование отдельно взятого элемента автомобиля. Конструктор разрабатывает элемент, устанавливает требования для него и передает для утверждения. Требования установлены таким жестким образом, что проведение испытаний и утверждения

затруднительны. Но при этом имеется возможность проведения испытаний и при проведении испытаний конструкция не выдерживает поставленные требования.

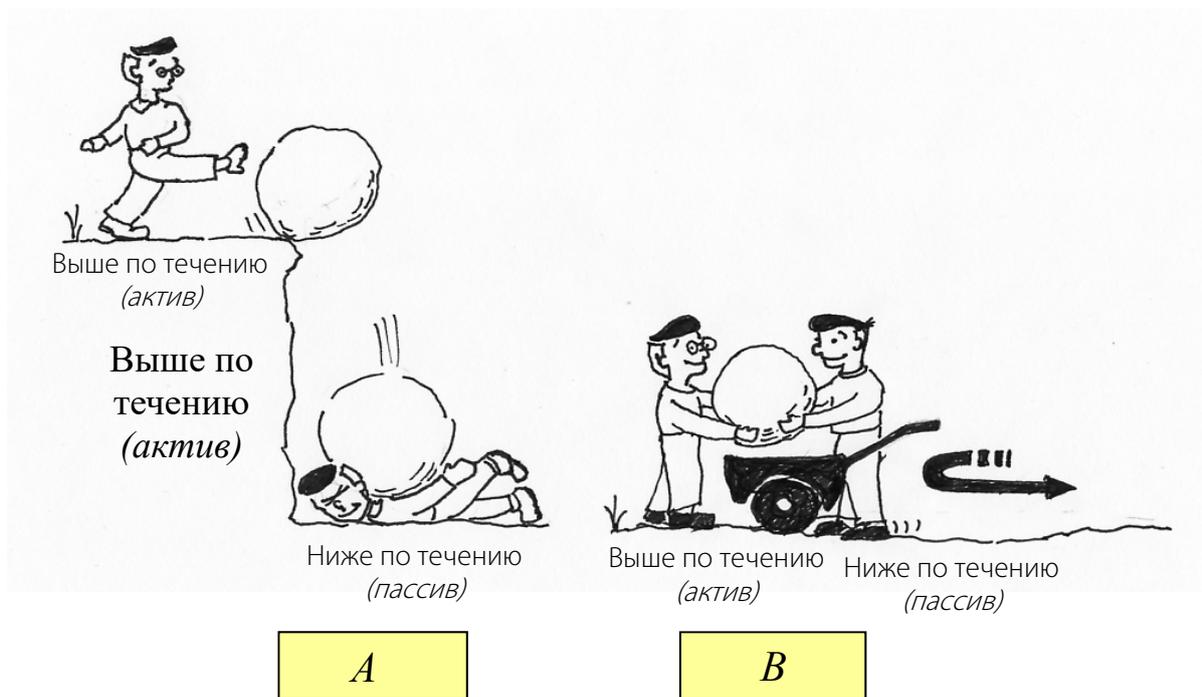
Как достичь идеального соотношения между верхами и низами по течению?



Для этого мы должны продолжать беспокоиться о нашей работе после выполнения поставленных задач.



При возникновении проблем проведения испытаний и утверждения опытных образцов и(или) при наличии отказов из-за несоответствий согласно климатических особенностей эксплуатации необходимо обратиться к методу MIZENBOUSHI с применением DRBTR и пересмотреть конструкцию с критической точки зрения с дальнейшим внесением изменений в конструкцию и установленные требования.



Решение проблемы группой А и В различаются, так как в первом случае проблема по мере решения своих обязанностей просто передаются в следующий этап, а в другом случае вместе решаются проблема до полного исчезновения. При этом для повышения качества до должного уровня имеются три этапа:

- решение проблемы: решать текущие вопросы, и применять решения. (Известная проблема может быть решена, но она не может быть лишен других причин, которые приведут к другим проблемам на транспортных средствах).

- предупреждению повторения: Предотвращение и тот же вопрос повторения в том же или других транспортных средств. (Мы также может предотвратить проблемы, которые произошли в прошлом).

- предупреждение до вспышки - MIZENBOUSHI: Предотвращение проблема, которая пока еще не произошло.

Мы предлагаем, исходя из вышеприведенного при утверждении новых образцов комплектующих и всего автомобиля исходит из природно-климатических особенностей регионов эксплуатации и провести утверждения продуктов с применением методов DRBTR и MIZENBOUSHI. При этом достигается повышение надежности и уменьшения трудоемкости, которая приведет к уменьшению затрат обеспечения работоспособности в период гарантии и в целом себестоимости продукции.

#### Список использованной литературы

- [1] Ташпулатов М.М. Обеспечение работоспособности топливоподающей аппаратуры дизелей. - Ташкент. Фан. 1990. – 128 с.
- [2] Шеховцев А.Ф. и др. Конструктивные отличия и особенности технической эксплуатации ДВС в условиях стран Азии, Африки и Латинской Америки. Основы климатической приспособленности ДВС. - Киев: УМК ВО. 1988. - 275 с.
- [3] Каюмов Б.А. и др. Надежность топливоподающей системы двигателей в жарких условиях (Russian Edition) – February 1, 2018. Paperback: 112 pages, Publisher: LAP LAMBERT Academic Publishing (February 1, 2018), ISBN-10: 6137342115, ISBN-13: 978-6137342114

## УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГОРОДСКИХ АВТОБУСОВ С УСТАНОВКОЙ ГИДРОРЕКУПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ.

Пулатов Т.Р., Хакимов Р. – Туринский Политехнический университет в г. Ташкенте,

*inbox4342@gmail.com*

С каждым годом увеличивается количество транспортных средств работающих на двигателях внутреннего сгорания, по данным на середину текущего года, в Узбекистане насчитывается более 3 миллионов транспортных средств. В связи с этим возникает задача повышения эффективности использования ДВС - уменьшение использованных ресурсов, что решит также экологическую проблему, так как один автомобиль ежегодно поглощает из атмосферы в среднем более 4 т кислорода, выбрасывая при этом с отработанными газами примерно 800 кг угарного газа, 40 кг оксидов азота и почти 200 кг различных углеродов. Одним из способов решения этой проблемы является рекуперация кинетической энергии автомобиля - утилизация энергии его торможения.

При движении на автомобиле, особенно в условиях города, почти постоянно приходится разгоняться и тормозить. Процесс торможения сопровождается огромным выбросом энергии, и кинетическая энергия разогнавшегося авто просто теряется. Для того, чтобы ее использовать, применяется система рекуперации энергии. Один из методов рекуперации - гидравлический: при торможении машины кинетическая энергия массы автомобиля преобразуется в гидравлическую энергию и заряжает гидроаккумулятор высокого давления, который затем питает гидромотор гидростатического привода колес транспорта [1].

Известны устройства для рекуперации гидравлической энергии в виде гидропневматических аккумуляторов (далее аккумуляторов), корпус которых содержит газовый резервуар переменного объема, заполняемый сжатым газом через газовый порт, а также жидкостный резервуар переменного объема, заполняемый жидкостью через жидкостный порт, причем указанные газовый и жидкостный резервуары отделены друг от друга разделителем, подвижным относительно корпуса.

Для рекуперации гидравлической энергии применяют аккумуляторы как с твердым разделителем в виде поршня, так и с эластичными разделителями, например, в виде эластичных полимерных мембран или баллонов [2], а также в виде металлических сильфонов [2].

Перед эксплуатацией газовый резервуар аккумулятора заряжают через газовый порт сжатым газом, как правило, азотом, до начального давления от единиц до десятков МПа.

При передаче энергии от гидросистемы в аккумулятор (например, при торможении гидравлического гибридного автомобиля) происходит нагнетание рабочей жидкости из гидросистемы в аккумулятор и сжатие в нем рабочего газа, давление и температура которого при этом повышаются. При возврате энергии от аккумулятора в гидросистему (например, при ускорении гидравлического гибридного автомобиля) происходит расширение сжатого рабочего газа и вытеснение рабочей жидкости в гидросистему.

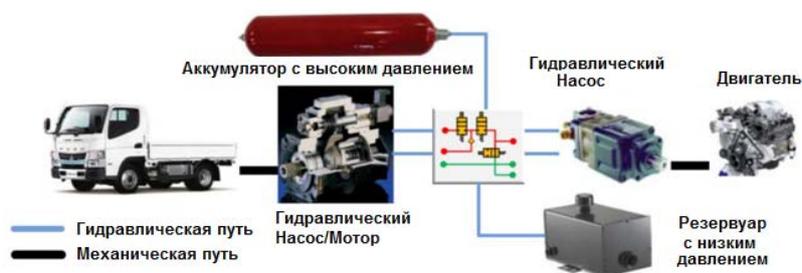


Рис. 1. Используемые компоненты в установке гидравлической рекуперации.

Как правило, аккумулятор содержит один газовый и один жидкостный резервуар, с равными давлениями газа и жидкости в них. Чем больше гидравлическая энергия, передаваемая аккумулятору, тем больше степень сжатия газа в нем. Для поддержания требуемой

рекуперированной мощности приходится компенсировать рост давления снижением производительности гидромашины (насоса или мотора), гидравлически связанной с аккумулятором. При снижении производительности эффективность гидромашины падает, а значит, падает и эффективность рекуперации в целом, что является недостатком таких устройств.

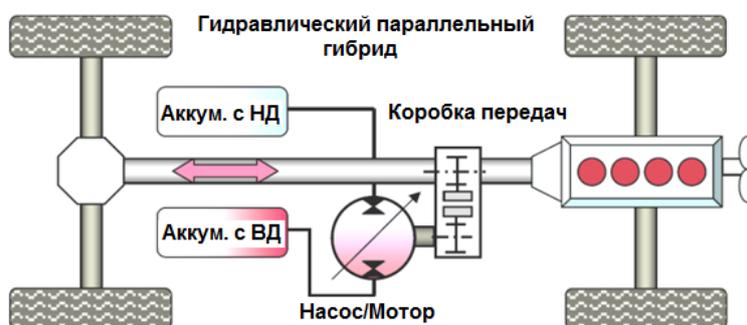


Рис. 2. Схема гидравлической параллельной гибридной модели рекуперации.

Увеличение объема аккумулятора или увеличение количества аккумуляторов для уменьшения степени сжатия газа удорожает систему, а также утяжеляет ее, что критично для мобильных приложений.

Для уменьшения степени сжатия газа и вместе с тем увеличения максимально возможной рекуперированной энергии, применяется широко известное устройство [3]. Устройство включает гидропневматический аккумулятор, в корпусе которого выполнен жидкостный порт, сообщающийся с жидкостным резервуаром аккумулятора, отделенным подвижным разделителем от газового резервуара аккумулятора, который через газовый порт сообщается, по меньшей мере, с одним газовым ресивером.

При нагнетании рабочей жидкости из гидросистемы в жидкостный резервуар аккумулятора разделитель перемещается и вытесняет газ из аккумулятора в ресивер со сжатием газа в ресивере и аккумуляторе. Работа по нагнетанию жидкости в аккумулятор преобразуется во внутреннюю энергию сжатого газа, давление и температура которого при этом повышаются. При возврате энергии от устройства в гидросистему происходит расширение сжатого рабочего газа с частичным вытеснением его из ресивера в газовый резервуар аккумулятора, перемещение разделителя с уменьшением объема жидкостного резервуара аккумулятора и вытеснением рабочей жидкости из него через жидкостный порт в гидросистему. Внутренняя энергия сжатого газа преобразуется в работу по вытеснению жидкости, т.е. устройство возвращает в гидросистему полученную от нее гидравлическую энергию, давление и температура газа при этом понижаются.

Выбор характеристик и условий задачи. Полученные соотношения позволяют оценить эффективность гидравлической системы рекуперации. В качестве рабочего тела выберем гидравлическое масло средней вязкостью веретенное АУ в соответствии с ГОСТ 17479.3–85, давление в баллонах – 5 атм.

Для гидравлической системы – аксиально-поршневой гидравлический мотор, рабочий объем которого равен  $V_{\text{гидр}} = 160 \text{ см}^3$ ,  $\eta = 0.9$ , а частота вращения соответствует частоте вращения колеса автомобиля. Исследовать эффективность применения будем на примере автобуса СамАвто-Исузи, работающего на общественном городском транспорте в г. Алмалыке и его конкретном маршруте, на котором имеется 28 остановок и 10 перекрестков. Протяженность маршрута равна 16.9 километров. Каждую смену автобус проезжает маршрут 7 раз и совершает 280 остановок.

Автобус находится в движении  $t = 12600 \text{ с}$  за смену. Перед началом торможением автобус движется со скоростью 16.6 м/с. Для комфортной остановки автобуса замедление должно быть 3 м/с<sup>2</sup>, а значит время тормозного пути автобуса  $t = 5.4 \text{ с}$ . Радиус колес автобуса  $R = 0.8 \text{ м}$ . Расчет с помощью приведенных выше соотношений для 100 кг масла показал, что величина утилизированной энергии торможения за смену равна 1.1 МДж, и в 1.9 раз превышает работу автобуса, затраченную на перевозку гидравлической системы.

**Выводы.** Таким образом, в работе показана эффективность гидравлических системы рекуперации для больших городских машин, которые вынуждены часто останавливаться (автобусы, мусоровозы). Однако величину утилизированной энергии можно увеличить за счет оптимизации конструкции системы и ее параметров, тогда появится возможность использовать данные гидравлические системы на всех автомобилях.

#### Использованная литература:

- [1] Лепешкин А.В., Михайлин А.А., Шейпак А.А. Гидравлика и гидропневмопривод. Ч. 2: М.:МГИУ, 2007. – 352с.
- [2] Аксиально-поршневые гидромоторы и насосы: <http://tk-ines.ru/products/gidravlicheskoeborudovanie/aksialno-porshnevye-gidromotory-i-nasosy/>
- [3] Х.Экснер, Р.Фрейтаг, Д-р Х.Гайс, Р.Ланг, И.Оппольцер, П.Шваб, Е.Зумпф, У.Остендорфф, М.Райк «Гидропривод. Основы и компоненты», Издание 2-е на русском яз., Бош Рексрот АГ Сервис, Автоматизация Дидактика. Эрбах, Германия, 2003, стр.156.

### Секция 3 «ДИАГНОСТИКА И КОНТРОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ, РАБОТОСПОСОБНОСТИ УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В ПЕРИОД ЭКСПЛУАТАЦИИ В УСЛОВИЯХ СУХОГО И ЖАРКОГО КЛИМАТА»

#### ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ КУКУРУЗОУБОРОЧНОЙ МАШИНЫ ПРИ УБОРКЕ КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО

*д.т.н. Астанакулов К.Д. – ТИИИМСХ, Б.А.Хатамов – ИМЭСХ, г.Ташкент, Узбекистан.*

#### Аннотация

В статье приведены результаты теоретических исследований по определению скорости движения кукурузоуборочной машины в зависимости параметров ее рабочих органов и биометрических показателей кукурузы. Если учесть, что в условиях Узбекистана расстояние между стеблями в рядке изменяется от 0,15 до 0,35 м, тогда скорость машины изменяется от 0,8 до 1,6 м/с, а при изменении длины стебля от 2,1 до 2,9 м, скорость машины должна уменьшаться с 1,37 до 0,94 м/с.

*Ключевые слова:* кукурузоуборочная машина, скорость, производительность, пропускная способность, отрывочные вальцы.

При возделывании кукурузы на зерно самым трудоемким процессом является уборка урожая. Уборка ее механизированным способом с помощью уборочных машин позволяет снизить затраты и трудоемкость работы. Учитывая это нами разработана кукурузоуборочная машина для уборку кукурузы на зерно в виде початков. Машина рассчитана для агрегатирования с тракторами класса 1,4 такими как ТТЗ-80, МТЗ-80, LS-100 [1].

Качественная уборка кукурузы с минимальными потерями в процессе работы, наряду с параметрами и режимами работы рабочих органов кукурузоуборочной машины, зависит от скорости движения уборочного агрегата, т.к. при определенной скорости должна обеспечиваться подача стеблевой массы соответствующая пропускной способности машины. В ином случае производительность машины будет низкой или початкоотрывочные вальцы забиваются стеблями.

Пропускная способность початкоотрывочных вальцов в общем виде определяется следующей формулой

$$q_{ж}^c = \frac{n_n M_n}{t_n^{жс}}, \quad (1)$$

где  $n_n$  - количество стеблей проходящих между вальцами, штук;  $M_n$  - масса одного стебля кукурузы, кг/шт.  $t_n^{жс}$  - время прохождения стеблей между вальцами, с.

Время прохождения стеблей между вальцами равно

$$t_n^{\text{жс}} = \frac{L_n - H_{\text{жс}}}{V_{\text{ум}}}, \quad (2)$$

где  $L_n$  - длина стеблей кукурузы, м;  $H_{\text{жс}}$  - высота установки вальцов над землей, м;  $V_{\text{ум}}$  - скорость прохождения стеблей между вальцами, м/с.

По выражению (2) формула (1) примет вид

$$q_{\text{жс}}^c = \frac{n_n M_n V_{\text{ум}}}{L_n - H_{\text{жс}}}, \quad (3)$$

В выражение (3) неизвестной составляющей является скорость прохождения стеблей между вальцами  $V_{\text{ум}}$  и для ее определения рассмотрим процесс прохождения стеблей между вальцами (рис.1).

Если зазор между вальцами  $S_{\text{жс}}^{c.a}$  будет меньше диаметра стебля  $d_n$ , т.е.  $S_{\text{жс}}^{c.a} < d_n$  вальцы гарантированно захватывают стебли и протягивают их вниз.

По схеме  $CD = S_{\text{жс}}^{c.a}$  и можно написать, что

$$DK = d_n - S_{\text{жс}}^{c.a}, \quad (4)$$

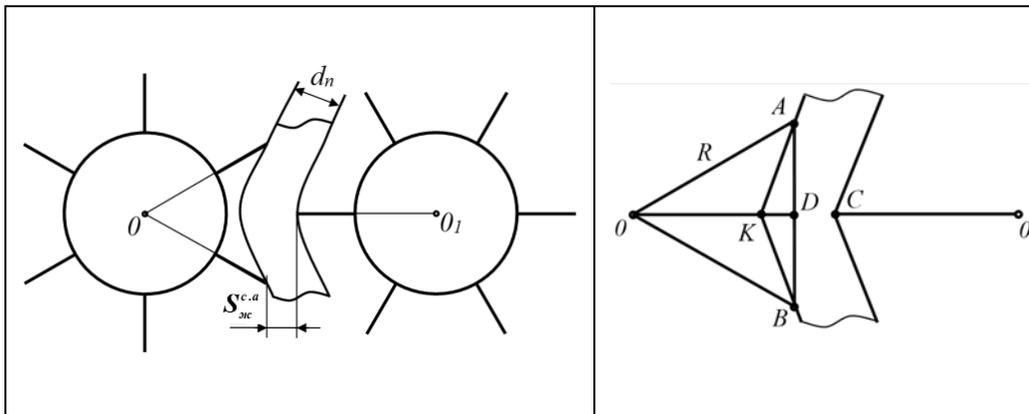


Рис. 1. Схема захвата стеблей початкотривочными вальцами

Теперь из треугольника  $AKD$  определяем длину  $AK$

$$AK = \sqrt{AD^2 + DK^2} = \sqrt{\left(R \cdot \sin \frac{180^\circ}{Z_n}\right)^2 + (d_n - S_{\text{жс}}^{c.a})^2}, \quad (5)$$

где  $R$  - радиус вальца, м;  $Z_n$  - число планок вальца, шт.

При этом если учесть, что  $AK = BK$ , тогда длина стебля, проходящая через вальцы равна

$$L_n^{\text{жс}} = BK + AK = 2 \sqrt{\left(R \sin \frac{180^\circ}{Z_n}\right)^2 + (d_n - S_{\text{жс}}^{c.a})^2}, \quad (6)$$

При этом скорость прохождения стеблей между вальцами будут равна

$$V_{ym} = \frac{2Z_n \cdot n_{жс}^{c.a} \sqrt{\left(R \sin \frac{180^0}{Z_n}\right)^2 + (d_n - S_{жс}^{c.a})^2}}{60}, \quad (7)$$

где  $n_{жс}^{c.a}$  - частота вращения початкоотрывающих вальцов, об/мин.

Если выражение (7) подставляем в (3), то имеем формулу для определения пропускной способности вальца

$$q_{жс}^c = \frac{2Z_n \cdot n_n \cdot M_n \cdot n_{жс}^{c.a} \sqrt{\left(R \sin \frac{180^0}{Z_n}\right)^2 + (d_n - S_{жс}^{c.a})^2}}{60(L_n - H_{жс})}. \quad (8)$$

Количество стеблей одновременно обрабатываемых вальцами равно

$$n_n = \frac{t_n^{жс}}{t_n}. \quad (9)$$

где  $t_n$  - время достижения машины от одного стебля к следующему, с.

Время  $t_n$ , затраченное машиной при ее движении от одного стебля к следующему

$$t_n = \frac{l_n}{V_M}, \quad (10)$$

где  $l_n$  - расстояние между стеблями, м;  $V_M$  - скорость движения машины, м/с.

Поставляя выражение (10) на (9), решаем ее относительно  $t_n^{жс}$

$$t_n^{жс} = \frac{n_n \cdot l_n}{V_M}. \quad (11)$$

С другой стороны по (1) время прохождения стеблей между вальцами будет

$$t_n^{жс} = \frac{n_n M_n}{q_{жс}^c}, \quad (12)$$

Приравнивая выражение (11) на (12) и подставляя значение  $q_{жс}^c$  из формулы (8) в формулу определяем скорость движения машины

$$V_M = \frac{2Z_n \cdot l_n \cdot n_n \cdot n_{жс}^{c.a} \sqrt{\left(R \sin \frac{180^0}{Z_n}\right)^2 + (d_n - S_{жс}^{c.a})^2}}{60(L_n - H_{жс})} \quad (13)$$

Выражение (13) позволяет определить скорость движения машины в зависимости от размеров стебля, высоты среза и параметров початкоотрывочных вальцов.

Учитывая это, на основе формулу (13), нами построен график изменения скорости кукурузоуборочной машины в зависимости от длины стеблей и расстояния между стеблями в рядке (рис.2).

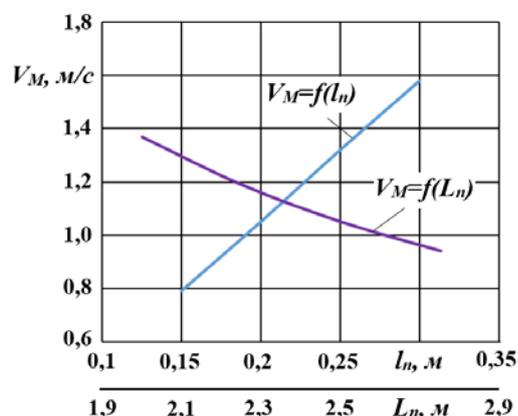


Рис.2. Изменение скорости машины в зависимости от расстояния между стеблями  $l_n$  и длины стебля кукурузы  $L_n$

Из графика видно что, с увеличением расстояния между стеблями скорость движения машины возрастает, а с увеличением длины стеблей уменьшается. При изменении расстояния между стеблями от 0,15 до 0,35 м скорость машины можно увеличить от 0,8 до 1,6 м/с, а при увеличении длины стебля от 2,1 до 2,9 м скорость машины должна уменьшаться от 1,37 до 0,94 м/с.

Опытами определено, что количество стеблей на одном погонном метре скороспелых сортов в среднем составляет  $l_n = 0,15$  м, среднеспелых сортов  $l_n = 0,17$  м, позднеспелых сортов  $l_n = 0,27$  м, а их средняя длина соответственно 2,07; 2,47 и 2,72 м [2].

Тогда при уборке скороспелых сортов скорость машины должна быть около 1,6 м/с, среднеспелых сортов 1,2 м/с, а позднеспелых сортов меньше 1,0 м/с.

#### Использованная литература

- [1] Астанакулов К.Д., Хатамов Б.А. Совершенствование технологии уборки кукурузы на зерно в поливном земледелии // Сельскохозяйственные машины и технологии. Москва. №2, 2013. – с. 35-36.
- [2] Astanakulov K.D., Hatamov B.A. Work quality indicators corn harvesting machine in harvesting of corn with a different stage of vegetation / International scientific and practical conference European research: innovation in science, education and technology. London. United Kingdom. 11 May. № 5 (28), 2017. – p. 15-17.

# АНАЛИЗ ФИЗИЧЕСКИХ ОСНОВА ПРОЦЕССА АБСОРБЦИЙ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОДАЧИ ДИЗБИОЭТАНОЛОВЫХ ТОПЛИВНЫХ СМЕСЕЙ В ДВС.

Аширбеков И.А. – профессор, Хакимов Б.Б. соискатель (ТИИИМСХ)

## Аннотация

В статье дается анализ физических основ процесса абсорбции, а также устройства и принцип работы усовершенствованной системы подачи дизельных биоэтаноловых топливных смесей для ДВС.

*Ключевые слова:* дизбиоэтаноловые топлива, абсорбция двухфазных смесей, абсорбент, намагничивание нагревательный элемент, полного сгорания, снеженные антропогенных частиц.

Двигатели внутреннего сгорания ДВС являются наиболее распространяемыми тепловыми двигателями. Отличаясь компактностью, высокой экономичностью и долговечностью эти двигатели находят широкое применение во всех отраслях народного хозяйства. В последние годы в связи с переходом на использование дизбиоэтаноловых топливных смесей в ДВС вопросы изучения физических основ процесса абсорбции поиск новых способов сжигания двухфазных систем приобретает все большее теоретическое и практическое значение. Без тщательного анализа физических основ процесса абсорбции многофазных систем невозможно добиться целенаправленного усовершенствования технологии сжигания этих двухфазных смесей. В получении качественной и высоко эффективной топливной смеси важное значение имеют процессы абсорбции. Абсорбция – это процесс поглощения жидкости газа, паров газа или паровых смесей. Поглощенный газ или пар называют абсорбтивом, а поглощаемая жидкость – абсорбентом. Поэтому для топливных смесей абсорбтивом служит жидкий и газовый биоэтанол, а абсорбтивом – дизельное топливо. В результате взаимодействия этих двух фаз (ф-2) и три компонента, то есть образуется система состоящая смешиваемой и из двух масса переносимых веществ (К=3).

По правилу фаз, такая система обладает 3-тя уровнями свободы [1]:

$$C=K+2-\Phi=3+2-2=3.$$

Основными параметрами определяющими фазовое равновесие такой системы является давление, температура и концентрация. Они определяют физическую основу процесса абсорбции многокомпонентной топливной смеси. При постоянной температуре ( $t=const$ ) и в условиях общего давления баланс связи между концентрациями выражается законом Генри. Согласно этому закону, при некоторой температуре порциональное давление находящегося на поверхности раствора прямо-пропорционально его моли:

$$P=E \cdot x$$

или

$$x = \frac{P}{E}, \quad (1)$$

где P – порциональное давление поглощения газа с концентрацией x с жидкостью находящейся в равновесном состояний.

Константа Генри тесно связана со свойствами абсорбтив и абсорбентов, а также температурой:

$$\ln E = \frac{q}{RT} + C, \quad (2)$$

где q – температура сжижения газа, кЖ/кмоль; R=8,325 кЖ/кмольК – универсальная газовая константа; T – абсолютная температура, К; C – постоянная величина связанная с природой проходящего газа и жидкого топлива. Как видно из формулы (2) с ростом температуры снижается сжижение газа в подводе дизтоплива. По закону Дальтона порциональное давление в компоненте газовой смеси равно произведению удельной моли этого компонента на общее давление, то есть:

$$p = P \cdot y \quad \text{и} \quad y = \frac{p}{P}, \quad (3)$$

где,  $P$  – общее давление топливной смеси;  $y$  – концентрация смешиваемой массы, доля моли [1].

Сравнивая формулы (1) и (3) между собой приходим к следующему выражению:

$$Y = \frac{p}{P} = \frac{E}{p} \cdot x$$

или выражая константу равновесия через  $m$  получим следующее выражение:

$$y = m \cdot x \quad (4)$$

Это выражение показывает прямолинейную связь газовой смеси распределяемой в равновесной концентрации массы в жидкой среде. Эти линии проходят с начала координат и их тангенс угол наклона равен на  $m$ . Угол наклона зависит от температуры и давления подаваемой топливной смеси.

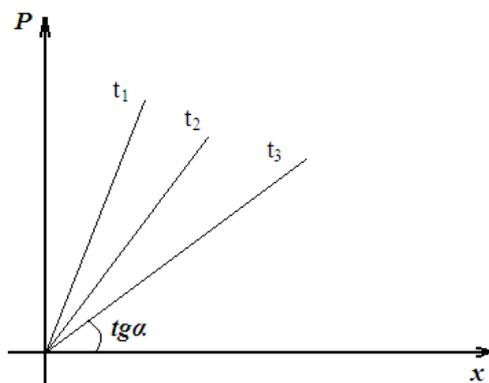


Рис. 1. Сжижение газа при разных температурах ( $t_1 > t_2 > t_3$ ).

Как видно из рис. 1 наклон тангенс угла с ростом давления и снижением градиента температуры повышается растворимость газа в жидкой среде (величина  $m$  уменьшается).

При малой концентрации  $x$  газа (биоэтанол) в жидкой среде (дизтопливе) закон Генри запишется в следующем виде:

$$V = m \cdot X \quad (5)$$

Растворы с низкой концентрацией и при низких давлениях, равновесное состояние между газом и жидкостью не подчиняются закону Генри [1]. Поэтому вышепериведённые аналитические зависимости вполне могут служить основой для раскрытия физической сущности двухкомпонентных топливных смесей. С целью повышения интенсивности процесса абсорбции (масса обмена) в дизельно-биоэтаноловых топливных смесях нами предлагается активно воздействовать на эти смеси с помощью эффекта намагничивания и градиента температуры выхлопных газов самого двигателя, как показано на рис. 2.

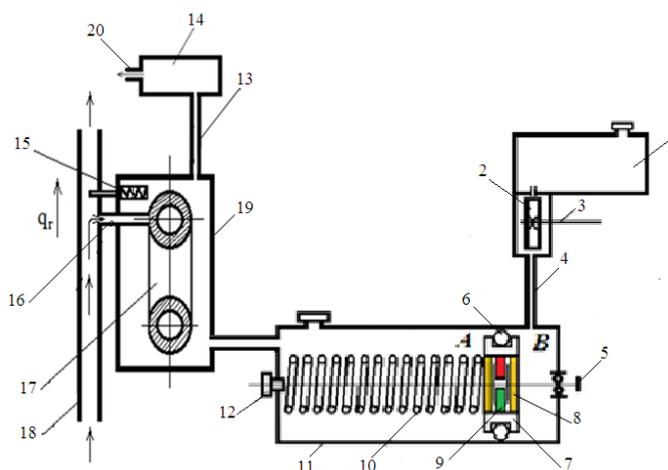


Рис.2. Новая система подачи дизбиоэтаноловой топливной смеси для ДВС:

1 – бак для биоэтанола; 2 – шестеренчатый насос для подачи; 3 – привод от коленчатого вала; 4 – трубка для подачи биоэтанола; 5 – рычаг для ручной подкачки топливной смеси; 6 – резиновый уплотнитель; 7 – поршневой смесительный механизм; 8 – мембрана; 9 – постоянный магнит (модификатор); 10 – возвратная пружина; 11 – бак для дизтоплива; 12 – концевой выключатель; 13 – смесительная трубка; 14 – регулятор давления; 15 – термостат; 16 – подводящая трубка; 17 – торообразным нагревательным элементом; 18 – трубка выхлопного газа; 19 – корпус; 20 – трубка подачи топливной смеси.

В режиме неработающего двигателя, водитель нажимает на рычаг 5 ручной подкачки топливной смеси, перемещает исполнительно поршневой механизм 9 влево и сжимая возвратную пружину 10 создает избыточное давление смеси в полости А и В и она по отводящей трубке 13, через регулятор давления 14, попадает в карбюратор или насос высокого давления дизеля [2].

В режиме работающего двигателя коленчатый вал 4 вращая шестеренчатый насос 2 создает давление в полости «В», под действием этого давления поршень с мембранной головкой 7 и постоянными магнитами 9 перемещаясь влево также создают давление топлива в полости А. Смесь давления и нагревателя подаются в карбюратор или насос высокого давления. За счет намагничивания и оптимального градиента тепла снижается вязкость двухкомпонентной топливной смеси создаётся условие для полного сгорания топливной смеси [2]. Выбирая конструктивные параметры мембранной головки разноименными постоянными магнитами и торообразного нагревательного элемента с термостатом достигается оптимальный режим работы двигателей с низким содержанием антропогенных частиц, улучшая экологическую среду. Всё это дает народному хозяйству значительный технико – экономический эффект.

#### Литература

- [1] Н.Р.Юсупбеков, Х.Г.Нурмухамедов, С.Г.Закиров. Кимёвий технология асосий жараёни ва қурилмалари. – Тошкент: Шарқ, 2003-б.329.
- [2] Системы питания двигателя внутреннего сгорания (Авторы: Салимов А.У., Аширбеков И.А., Шарипов З.Ш., Хакимов Б.Б.) заявка № FAP 2017.от 17 июня 2017 г.
- [3] Мусурманов Р.К., Научные основы использования биотоплив в сельскохозяйственных энергетических средствах в условиях сухого жаркого климата. диссертация ТИМИ 2008 8 с.

## DEVELOPMENT OF RECOMMENDATIONS ON EFFECTIVE OPERATION OF AIR FILTERS OF BUSES MERCEDES-BENZ IN THE CONDITIONS OF TASHKENT

*K. I. Ibragimov, B. H. Turakulov*

*Tashkent Institute for the design, construction and operation of roads*

## Abstract

This article is devoted to the regeneration of air filters Mercedes-Benz buses, justified the number of optimal regeneration of clogged air filters. The dynamics of the aerodynamic resistance of air filters is experimentally and theoretically proved, and the second-order polynomials are obtained for the prediction of the change in their resistance by applying the methods of mathematical statistics.

By regenerating cardboard filter elements, their original aerodynamic drag cannot be completely restored. However, depending on the method of regeneration, it is possible to significantly reduce the resistance of the filter element close to the original [1].

At the nominal air flow resistance of the new filter element is less than the resistance of the restored at 0.15...0.25 kPa. Moreover, the lower resistance value corresponds to the wet cleaning method, and the higher value-to dry (purge with compressed air at a pressure of 0.3...0.4 MPa) method for cleaning the filter element.

The regularity of changes in air resistance from the operating time of the filter element is nonlinear, i.e. in the form of a parabolic dependence [2]. This dependency can be described as:

$$\Delta P_i = a * L^2 + b * L + c$$

where,  $\Delta P_i$ -resistance of the air filter depending on its operating time L, kPa;

a, b-values depending on the complexity of the air filter design;

C - initial filter resistance in kPa.

This means that the parabolic dependence of the change in air resistance passes through the origin. From the requirements of the standard it is known that the initial resistance of the new air filter at the nominal air flow rate consumed by the engine should not exceed 0.08...0.12 kPa. The maximum permissible value of the clogged air filter should be 5.0...6.0 kPa. Further increase in the resistance of the air filter will lead to difficult engine start, unstable operation, fuel overruns and other negative consequences.

We have studied the operating conditions and modes of maintenance of air filters of Mercedes-Benz buses in the conditions of Tashkent [3].

Currently, the filter elements of air filters in bus fleets are replaced with new ones after 75...90 thousand km of run taking into account their real condition. During this time, the bus power supply system is subjected to five or six times the service, respectively.

Changing the aerodynamic resistance of air filters depending on their operating time.

Table 1

Number of recoveries	Bus mileage, thousand km	Aerodynamic drag, kPa		Results of external inspection of the filter element
		A clogged filter	Restored filter	
New	0	-	1.20	Новое состояние, отвечает требованиям стандарта
1	15.0±0.3	4.50	1.40	Normal state
2	30.0±0.3	4.70	1.65	Normal state
3	45.0±0.3	4.85	1.8	Normal state
4	60.0±0.3	5.05	2.05	Traces of violation of the structure of the filter material
5	75.0±0.3	5.6	2.40	Noticeable disruption of the structure of the filter material

For air filter elements, the service is to remove the dust settled on the surface and pores of the filter material under the pressure of 0.3...0.4 MPa in special installations.

Table 1 shows the increase in filter resistance during operation every 15 thousand km, which shows that the aerodynamic resistance of the new air filter on the run after the first recovery is reduced from 4.5 to 1.4 kPa.(at nominal air flow rate).

External inspection of the filter element after three times of recovery found that changes or violations on the surface of the filtration material were not observed. It can be assumed that the dust transmission coefficients of the filtration material did not deteriorate.

After the fourth restoration, the external examination revealed traces of violation of the structure of the filtration material, after the fifth restoration, noticeable violations of the structure of the filtration material were found, which allowed moisture to penetrate into the filtration material. After the sixth restoration of the filter element on the surface of the filtration material, it was easy to detect local swelling of the filtration material and changes in the geometric shape of the element due to the prolonged effect of moisture and fatigue.

The average values of the measured resistances of the air filters every 3.0 thousand km of run is given in table 2. The table data shows that the lowest aerodynamic resistance has a new filter: initial resistance 1.03 kPa, the ultimate resistance, i.e. 15.0 thousand km mileage – 5.05 kPa.

Changing the aerodynamic drag of the air filter depending on the bus mileage and the number of regenerations.

Table 2

The mileage of buses, after which resistance was measured, thousand km.	The value of the aerodynamic drag from the number of regenerations, kPa					
	New filter element	1	2	3	4	5
0	1.03	1.15	1.20	1.32	1.5	1.65
3.0	1.50	1.70	1.85	1.85	2.05	2.35
6.0	2.2	2.50	2.50	2.55	2,70	3.05
9.0	30	3.30	3.40	3.20	3.40	3.70
12.0	4.05	4.15	4.35	4.20	4.50	4.70
15.0	5.05	5.15	5.20	5.33	5.40	5.62

The table shows that each regeneration increases both the initial and final resistance of the air filter. For example, the initial resistance of a new filter after five times regeneration increases from 1.03 to 1.65 kPa (by 60%).

At the same time, the final resistance increases from 5.05 to 5.62 kPa (approximately 12%) after five times regeneration.

These data indicate the need to limit the number of regenerations of air filter elements in the operation of buses in terms of aerodynamic drag, cleaning efficiency, dust capacity, mechanical properties and others.

The average data of table 2 are processed by the least square method and formulas for predicting the aerodynamic resistance of the air filter depending on its operating time and the number of regenerations are obtained.

With the help of the obtained formulas it is possible to calculate the aerodynamic resistance of the new (R0) or regenerated (R1,R2,R3,R4,R5) filters. The dynamics of changes in the resistance of the air filter and the resulting formulas are shown in Fig.1.;2.; 3.

$$\Delta P = 0.008 * L^2 + 0.1514 * L + 1.0068$$

The following formulas are obtained for regenerated filters:

$$R_1: \Delta P = 0.0044 * L^2 + 0.074 * L - 0.9071;$$

$$R_2: \Delta P = 0.0044 * L^2 + 0.0569 * L - 1.0357;$$

$$R_3: \Delta P = 0.0083 * L^2 - 0.6107 * L + 11.95;$$

$$R_4: \Delta P = 0.007 * L^2 - 0.6885 * L + 17.455;$$

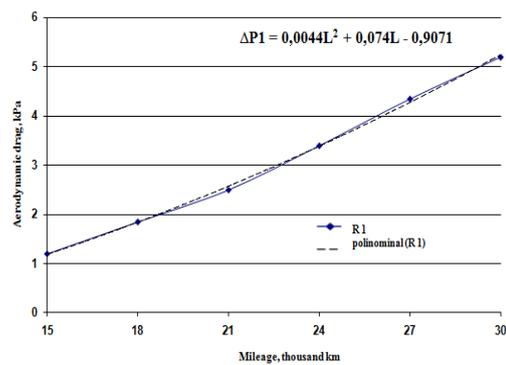
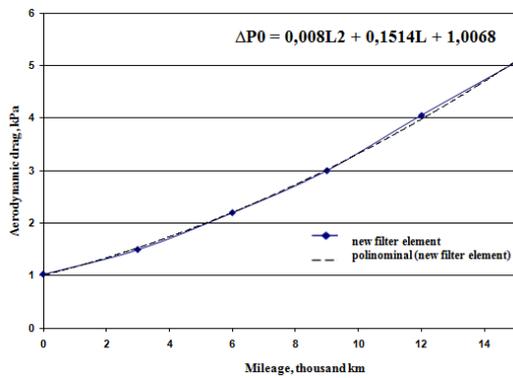
$$R_5: \Delta P = 0.0046 * L^2 - 0.4906 * L + 12.806;$$

R1 ,R2, R3, R4, R5-filter element after the first, second, third, fourth and fifth regeneration.

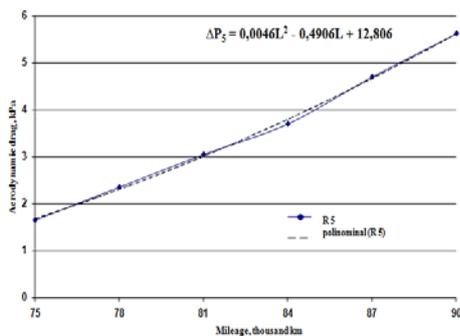
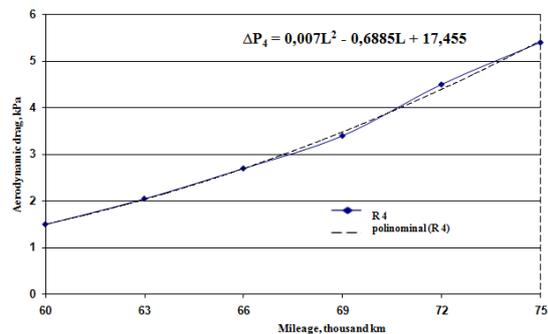
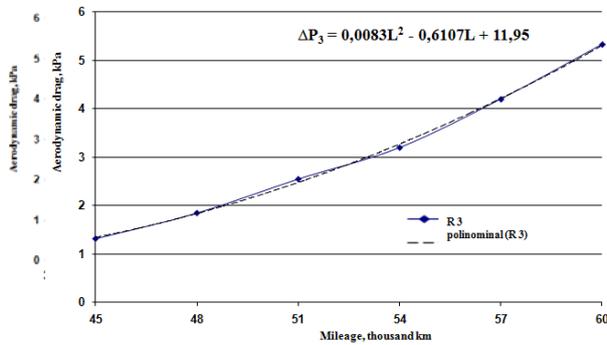
The error did not exceed 1.0%, more precisely R2 =0.9983, when describing the aerodynamic drag by the least squares method.

The obtained formulas can be used to predict the state of air filter elements depending on the operating time, as well as to determine the required amount of filter elements stock for a certain period of time of operation of buses.

Changing the initial and final aerodynamic resistance of air filters in the direction of increasing, in turn, will lead to a decrease in their life.



Picture.1. Aerodynamic resistance of new (R0) and regenerated (R1) filters.



Picture 2.

Aerodynamic resistance of filters after the second (R2) and third (R3) regeneration.

### Picture 3. Aerodynamic resistance of filters after the fourth (R4) and fifth (R5) regeneration.

Based on the data obtained in the conditions of operation of buses and observations of the state of air filter elements (especially for physical and mechanical indicators, such as the geometric shape, the presence of shrinkage of the element and the state of the filter material, violations of the structure, etc.), we offer three or four times the regeneration of the filter element.

Based on the results of the operational tests and the description of their polynomials of the 2nd degree, it is possible to give recommendations on the permissible number of regenerations, dynamics of changes in the aerodynamic resistance of filter elements:

Three or four times regeneration of filter elements in the conditions of bus fleets is offered.

The formulas in the form of a second-order polynomial for the calculation of aerodynamic drag depending on the operating time for both new and restored filters are proposed.

The proposed polynomials can be used to predict the aerodynamic drag of air filters of buses during their operating time or resource.

### Bibliography

- [1] Рыбаков К.В., Рузаев И.Г., Ибрахимов К.И., Карпекина Т.П. Оценка фильтров. // Техника в сельском хозяйстве, №5, 1980, С.54-55.
- [2] Крамаренко Г.В., Ибрахимов К.И., Карпекина Т.П. Исследование качества очистки воздуха и повышение надежности пневматической системы автомобилей-цементовозов.// - М.:НИИИН автопрома, вып. 5, 1981. -С.23-32.
- [3] Иброхимов К.И., Туракулов Б.Х.,Рахматуллаев Н.Н. Эффективность восстановленных воздушных фильтрующих элементов. Международная научно-практическая конференции «Современные материалы, техника и технологии в машиностроении» Андижанский машиностроительный институт, 2016г.

## COMPUTERIZED VEHICLE ROUTING AND SCHEDULING FOR EFFICIENT LOGISTICS

*N.E.Mahamatov, Turin Politechnic University in Tashkent.*

*Department of "Control and Computer Engineering", 17, kichik khalka yuli str., n.mahamatov@polito.uz*

### Abstract

Computerized vehicle routing and scheduling systems are very sophisticated software packages that are used to generate and optimize routes and schedules for transport operations. In addition to holding a digital map of the road network, these systems also hold information concerning customer locations and delivery and collection windows, quantities and types of goods to be delivered or collected, vehicle availability and capacities and driver shift patterns. Customer orders are input into the system, which then generates the optimum set of routes that meets the delivery need.

The classical Vehicle Routing Problem (VRP) was introduced by Dantzig and Ramser (1959) denoted as the "Truck Dispatching Problem", and the current name of the problem was given by Christofides (1976). This problem aims to find a least cost set of feasible routes that originate and terminate at the depot to serve a number of customers. The interested reader is referred to Laporte (1992, 2007), and Toth and Vigo (2002) for VRP reviews.

The VRP can be defined on a complete graph  $G = (N, A)$  where  $N = \{0, 1, \dots, n\}$  is the set of nodes and  $A = \{(i, j) \mid i, j \in N, i \neq j\}$  is the set of arcs. In this graph, the depot is located at node 0, and the customers are represented by nodes from 1 to  $n$ . Associated with each customer  $i$ ,  $q_i$  denotes the demand at that customer.  $d_{ij}$  represents the distance along each arc  $(i, j)$ , which is usually considered as

the corresponding cost spent to travel from node  $i$  to node  $j$ . Each vehicle  $v$  given by set  $V$  has equal capacity  $Q$ . The problem considers symmetric costs (distances), i.e.,  $d_{ij} = d_{ji}$  for all  $(i, j) \in A$ .

The objective of the VRP is to find exactly  $|V|$  routes with minimum total cost such that each customer is visited exactly once by one vehicle, each vehicle starts and ends its route at the depot, and it delivers a total demand that does not exceed the vehicle capacity. This problem can be represented by several mathematical models. We focus on the two-index vehicle flow formulation with respect to the model given by Laporte et al. (1985). In this formulation,  $x_{ij}$  takes value 1 if arc  $(i, j)$  is covered by the optimal solution and takes value 0, otherwise. The two-index formulation of the VRP considering these assumptions is as follows.

$$\begin{aligned} \min \quad & \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} d_{ij} x_{ij} & (1.1) \\ \text{subject to} \quad & \sum_{i \in N} x_{ij} = 1, & j \in N \setminus \{0\}, & (1.2) \\ & \sum_{j \in N} x_{ij} = 1, & i \in N \setminus \{0\}, & (1.3) \\ & \sum_{i \in N} x_{i0} = |V|, & (1.4) \\ & \sum_{j \in N} x_{0j} = |V|, & (1.5) \\ & \sum_{i \in S} \sum_{j \in S} x_{ij} \geq r(S), & S \subseteq N \setminus \{0\}, S \neq \emptyset, & (1.6) \\ & x_{ij} \in \{0, 1\}, & i \in N, j \in N, & (1.7) \end{aligned}$$

The Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW) is an extension of the VRP where additionally each customer has one single time interval that restricts the delivery time. This problem is usually formulated as a multicommodity network flow problem with capacity and time window constraints (Cordeau et al., 2002a).

The classical formulation of the VRPTW does not allow violations of time windows: vehicles are permitted to wait if they arrive early and they cannot be handled if they arrive late. The constraints constructed to guarantee the feasibility with respect to these (hard) time windows naturally replace the subtour elimination constraints needed in the VRP formulation. In real-life applications, time windows are usually relaxed meaning that they can be violated (leading to soft time windows). In case the delivery cannot be satisfied as promised (early or late service), the company pays a penalty cost to each customer that does not receive the goods on time. These time window violations can be handled either by the objective function or by the constraints. Note that in the latter case, the probability of arrivals outside the time windows are constrained. These probability constraints are specifically employed in the formulations considering stochastic travel times and hard time windows. In this thesis, we consider a number of extensions based on the VRP where each customer has a soft time window. In these extensions, soft time windows allow both early and late servicing with some penalty costs, where waiting at customer locations is not allowed. Moreover, time window violations are taken care of directly in the objective function.

Two types of computerised system can help organisations to plan their routes: computerised vehicle routing and scheduling systems, and the less sophisticated journey planners. The main part of this guide is primarily concerned with the former type of system, which can provide benefits in many areas in addition to rapid planning of routes. These systems can take large numbers of customer orders and calculate the most effective way of meeting them. They calculate the time and resources required to complete the work, using collection and delivery information and observing the pre-determined parameter settings that control the way in which the transport operation is run. Parameters can include road speeds, load size, customer opening times and driver hours. Systems can be used for dynamic daily or weekly planning, as well as for strategic analysis. On a daily basis, they quickly produce routes which meet the laid down parameters. Transport planners can then further optimise the routes and schedules using their expertise, local knowledge, relationship with customers and so on. For instance, planners

may know that a certain customer will accept a later or earlier delivery if they are telephoned first. They can then override that customer's delivery rules and let the system re-plan routes, often with even better results. When the user decides that the solution is as good as it can be, it can be used to generate outputs, for example, a printed map, a report or a delivery schedule.

A system holds a range of data covering the road network (including digital maps and road speeds), details of vehicles' availability and capacity, driver shift patterns and customer information (including locations and delivery and collection windows). A system will also hold a range of parameters that define the way in which deliveries and collections, or 'calls', must be made, such as: the maximum number of overnight stops, whether the vehicle is to deliver on the way out, or go to the furthest point loaded and deliver on the return leg, the ability of vehicles to make more than one journey in the same shift, any need to have space left on the vehicle for collections, on multi-day routes, information on which loads need to be delivered on which days.

Strategic applications are concerned with planning for possible future developments. systems can provide organisations with a greater understanding of the resources they would need and the likely costs associated with different set-ups. Key strategic tasks include: Planning resource requirements and budgeting for

Data Output and Reports Modern systems have comprehensive reporting capabilities, with data outputs including: Route reports (screen and print) Resource utilisation and cost reports (screen, print and file)

Load manifests or daily traffic sheets showing the allocation of drivers and vehicles to routes Performance monitoring reports (comparing actual results with planned) Route summaries showing distance, time, calls, quantity and cost Dispatch reports showing run dispatch and return date or time Resource utilisation bar charts showing the time spent on driving, other duties and break and rest periods A range of cost reports In addition to creating customised reports directly from the system, users can export data to spreadsheet or database applications (e.g. Excel, Lotus, Access or Lotus Approach), or to other proprietary data handling and report writing packages for further manipulation. Exported data can also be merged with other related management information.

How Much will a System Cost? It is difficult to make a general statement about the costs associated with purchasing, installing and running a system. It is worth remembering that: Cost savings for established operations are typically of the order of 10-20% of transport costs can enable businesses experiencing rapid growth to meet increasing demand without having to increase staffing levels, whereas several additional staff may be required with manual vehicle routing Improved communications between systems and departments tend to yield efficiency improvements and better levels of customer service: although difficult to quantify, these benefits may offer companies the edge over their competitors Where system costs are of particular concern, it may be worth considering a lower cost, budget system where functionality is reduced. Another alternative is to use a service provider, where orders are uploaded to the Internet and planned routes returned. This latter option is slower, but can still result in benefits.

#### Reference:

- [1] Dantzig, G.B., J.H. Ramser. 1959. The truck dispatching problem. Management Science 2 80-91.
- [2] Science 2 80-91.
- [3] Christofides, N. 1976. The vehicle routing problem. RAIRO Operations Research 10.
- [4] Laporte, G. 2007. What you should know about the vehicle routing problem. Navals Research Logistics 54 811-819.
- [5] Research Logistics 54 811-819.
- [6] Toth, P., D. Vigo. 2002. The vehicle routing problem. vol. 9, SIAM Monographs on discrete mathematics and applications, Philadelphia.

## ВИРТУАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ТЯГОВО-СКОРОСТНЫХ СВОЙСТВ АВТОМОБИЛЯ

*д.т.н., проф. Мухитдинов А.А.<sup>1</sup>, PhD, Рузимов С.К.<sup>2</sup>, к.т.н., доц. Касимов О.К.<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup> - Ташкентский институт по проектированию, строительству и эксплуатации автомобильных дорог, Ташкент, Узбекистан*

*<sup>2</sup> - Туринский политехнический университет в городе Ташкенте, Ташкент, Узбекистан*

### Аннотация

В данной статье рассматриваются проблемы использования виртуальных стендов для испытания тягово-скоростных и топливно-экономических свойств автомобиля. Приводится пример разработанного виртуального стенда на программном пакете Simulink/SimDriveLine и оценка его достоверности на дорожных испытаниях. А также, рассматривается вопрос исследования перспективных видов тягового привода автомобиля с помощью разработанного виртуального привода.

*Ключевые слова: виртуальный стенд, тягово-скоростные свойства, гибридный привод автомобиля*

Известно, что тягово-скоростные и топливно-экономические свойства автомобиля можно определить аналитическим или экспериментальным методами. Экспериментальные испытания осуществляется на стендах [1, 2 и 3], на дорогах [4, 5] или же расчетно-экспериментально (использованием виртуальных стендов [6, 7]).

Стендовые и дорожные испытания имеют результаты с большей приближенностью к реалии, в тоже время требуют высоких затрат (финансовых, ресурсов, времени и т.д.).

Современное состояние развития теории автомобиля и информационных технологий позволяет внедрить виртуальные стенды в процесс разработки и испытания автомобиля с достаточно высокой достоверностью результатов. Это позволит уменьшить вышеуказанные затраты, а также представляет дополнительные возможности для исследования различных взаимосвязей узлов и деталей, изменение и оптимизация различных конструктивных и эксплуатационных параметров.

Основными задачами использования виртуальных стендов являются: а) ускорение разработки, доработки и наладки конструкций в процессе разработки автомобиля; б) обеспечение высокой достоверности результатов; в) решение задачи при сложности или невыполнимости экспериментов в реальности; и г) возможность исследования перспективных видов тягового привода автомобилей (таких как гибридные и электрические автомобили).

На рис.1 приведен общий вид виртуального стенда автомобиля с гибридным приводом. Simulink/SimDriveLine. Виртуальный стенд позволяет варьировать параметры, связанные с: 1) условиями движения, 2) реакцией водителя, 3) двигателя внутреннего сгорания (ДВС), 4) трансмиссии, 5) Электрический тяги (электрическая машина и тяговая батарея), 6) автомобиля в целом. А также можно исследовать влияние режимов управления тяговым приводом автомобиля на основные оценочные показатели.

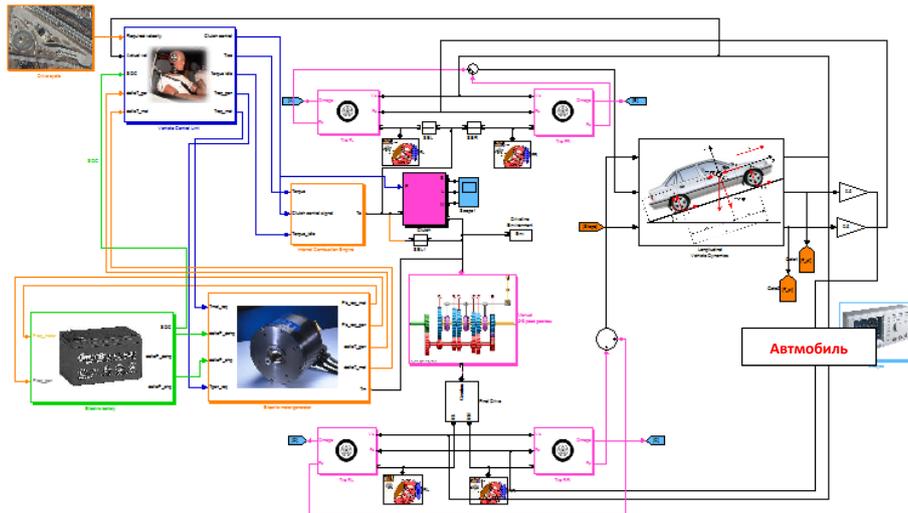


Рис. 1 Виртуальный стенд гибридного автомобиля на Simulink/SimDriveLine

На виртуальном стенде можно создавать условия движения, как по параметрам реального маршрута, так и нормированных ездовых циклов, имитирующих типовые или конкретные условия эксплуатации.

На Рис. 2 и 3 приведены ездовые циклы, которые широко используются для определения базовых расходов топлива, оценки экологических показателей легкового автомобиля. При этом на дорожных или стендовых испытаниях водитель должен придерживаться режим движения автомобиля по заданному графику ездового цикла скорости, с допустимым отклонением не более 1 м/с.

Это требует от водителя высоких навыков. При сложных ездовых циклах, на пример, ездовой цикл WLTP (рис.3) или реальных зарегистрированных режимах движения [8], это задача становится сложно выполнимым.

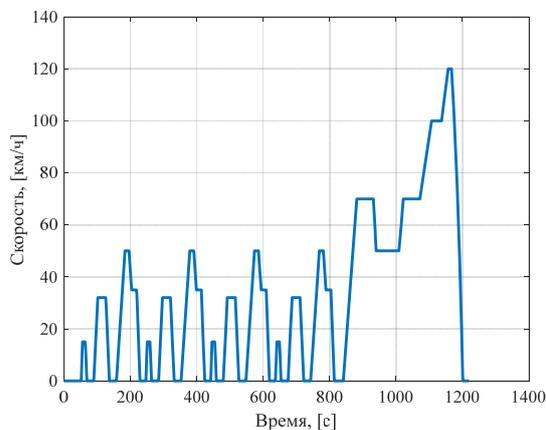


Рис. 2 Режимы движения автомобиля на Европейском ездовом цикле NEDC

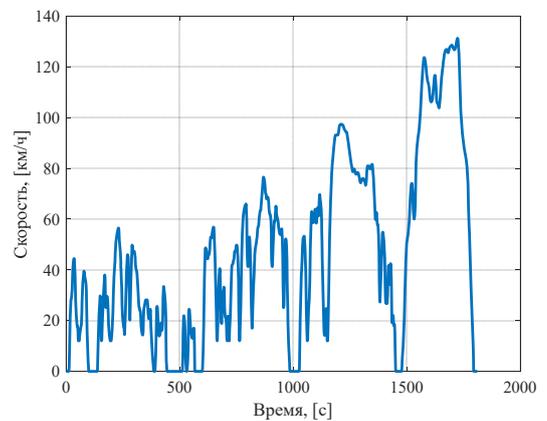


Рис. 3 Режимы движения автомобиля на мировом ездовом цикле WLTP

Для устранения вышеуказанного недостатка можно использовать роботизированные механизмы для автоматизации функции водителя. Виртуальный стенд позволяет настраивать функцию водителя, которая имитируется пропорционально-интегрально-дифференцирующим (ПИД) регулятором [9, 10].

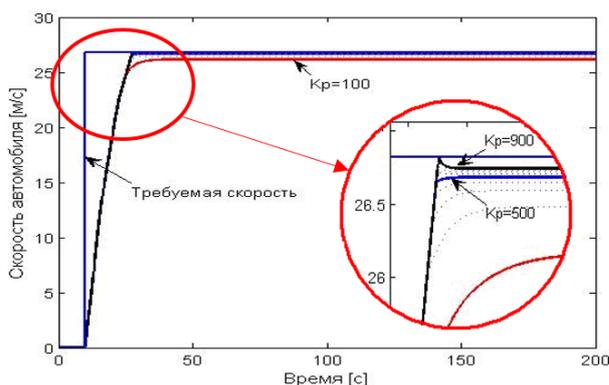


Рис. 4. График изменения значения скорости автомобиля в зависимости от  $K_p$

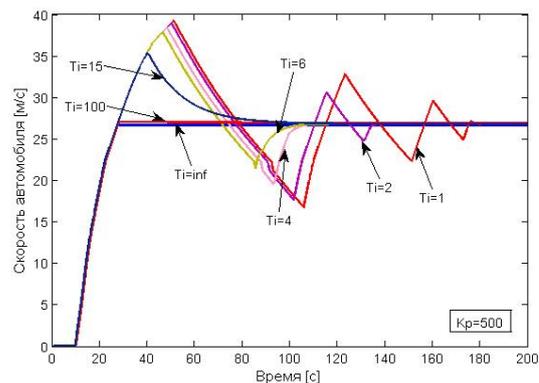


Рис. 5. График изменения скорости автомобиля в зависимости от  $T_i$

На Рис. 4 и 5 представлены влияния коэффициентов усиления пропорциональной  $K_p$  и интегрирующей  $T_i$  составляющих ПИД-регулятора на то, как водитель придерживается заданной по ездовому циклу скорости.

Наряду с вышеуказанными преимуществами виртуальных стендов, необходимо учесть ряд проблем при их использовании. Первым шагом в этом является определение стендовыми испытаниями основных характеристик отдельных систем автомобиля (многопараметрические характеристики ДВС, тяговой батареи и электрической машины...), от точности которых зависит степень достоверности результатов исследований на виртуальном стенде. Выбор машинной программы [6, 7] во многом зависит от предпочтения разработчика в зависимости от его навыков по соответствующей программе.

Проведенные дорожные испытания инструментированного автомобиля GM Uzbekistan Nexia GL с традиционным приводом показали сходимость результатов экспериментов на виртуальном стенде в пределах 1 - 3%. Виртуальные стенды особенно целесообразно использовать при разработке и исследовании перспективных конструкций автомобилей, а также при случаях, когда натурный эксперимент невозможно осуществить.

#### Список литературы:

- [1] <https://www.avl.com>
- [2] <https://rototest.com>
- [3] <https://www.onosokki.co.jp/English/english.htm>
- [4] <https://www.vboxautomotive.co.uk/index.php/en/>
- [5] <https://www.kistler.com/en/applications/automotive-research-test/>
- [6] <https://www.mathworks.com/products/simdrive.html>
- [7] <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/simcenter/simcenter-amesim.html>
- [8] Зияев К.З. «Разработка нормативного ездового цикла методом синтеза режимов движения автомобиля», автореферат диссертации доктора философии по техническим наукам, Ташкент, 2017
- [9] Мухитдинов А.А., Рузимов С.К., Выбор коэффициентов ПИ-регулятора в системе управления «водитель-автомобиль-окружающая среда» Механика муаммолари, 2008, №4-5, 38-41.

MEASURES TO MINIMIZE THE NEGATIVE IMPACTS OF VEHICLES ON THE ENVIRONMENT.

## Abstract

To draw conclusions from examining the efficiency of different automotive cabin air filters to prevent penetration of components of diesel exhaust and thereby reduce biomedical effects in human being as well as environment.

*Keywords: dry and warm climate; rubber; smog; diesel exhaust; vehicle cabin air filters; symptoms; humans; environmentally friendly.*

The Earth's atmosphere has been in the same structure for almost a million years. However, in the 20<sup>th</sup> century atmospheric air was polluted as a result of industrial development, demographic processes and other factors. According to the World Health Organization and the United Nations Environment Program, is the most serious air pollution issue globally. Air pollutants, and in particular particulate matter, have been strongly associated with adverse effects on respiratory health. Airway symptoms, exacerbations of asthma and chronic obstructive pulmonary disease, emergency department visits, and hospital admissions have been associated with increases in particulate air pollution. Diesel exhaust is a major contributor to ambient air particles in places with high traffic intensity. The exhaust also includes many gaseous components—such as carbon monoxide (CO), nitric oxide (NO), nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>), hydrocarbons (HCs), and aldehydes, and is well known to cause discomfort in exposed people. Thousands of carburettor-driven vehicles burn 3 tonnes of toxic gas, 100kg of nitrogen oxide and 500kg of fine-grained gasoline per day. Only in Tashkent more than 270,000 tons of pollutants are dispatched from industrial enterprises and vehicles, which makes up 13 percent of the total volume in the country. The biggest damage to natural cleanliness is the motor vehicle. Until now, no anthropogenic or technogenic means of the atmosphere have been so damaged but now the number is increasing everywhere in the world. The gas produced by the vehicle has more than 200 different chemicals and elements, and toxic gases make a great contribution to environmental pollution. The toxic substances contain carbon monoxide, nitrogen, hydrocarbon and sulphate compounds. Subjects exposed to diesel exhaust in work situations have reported to have increased prevalence of symptoms of the eyes, nose, and throat, and have labored breathing, coughing, phlegm, wheezing, and headache. Lung function deterioration has been reported from exposure to diesel exhaust in a tunnel, garage, and ferries. In today's automotive industry, in order to produce one horsepower about 150-200 cubic meter of fuel will be consumed. So at present, the total fleet of cars in the world is about 20 billion horsepower. For example, one truck emits up 130 cubic meters of gas per hour and it's twice as small as a car. Unfortunately, because of the absence of the trees, in warm and dry climate conditions, the city air pool has a photo-smokeless smog which has a negative impact on the environment and living organisms in a particular zone. Detection of atmospheric air pollution with radio-active substances is used to collect special radio-active substances and filtered the air. The cabin filter is one of the best instruments for minimizing air pollution. The aim of the present study was to evaluate the efficiency of different automotive cabin air filters to prevent penetration of components of diesel exhaust and thereby reduce biomedical effects in human subjects. The study used a specially designed exposure chamber and was based on earlier controlled studies of exposure to diesel exhaust. It is concluded that the investigated particle filters were, as expected, able to reduce diesel exhaust particles, but surprisingly without any significant reduction in the intensity of symptoms in the exposed people. By contrast, the addition of active charcoal filters, to a particle filter, clearly reduced symptoms induced by diesel exhaust. The biggest differences in efficacy between the filters were in the reduction of detection of an unpleasant smell from the diesel exhaust. Even the efficacy of the two charcoal filter combinations differed significantly. The ability to reduce symptoms may depend upon the abilities of the filter to reduce certain HCs. Complementary studies on vehicle cabin air filters may result in further diminishing biomedical effects of diesel exhaust in subjects exposed in traffic and workplaces.

## References:

- [1] "Ekologik Monitoring" by D.Yormatova, Sh.Ubaydullayev pages 73-110 (2012).
- [2] Air pollution of the world's megacities. A report from the UN Environment Programme and WHO. Pages 45-60 (1994).
- [3] [www.google.com](http://www.google.com)

## ПОВЫШЕНИИ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

З. Шарипов, Л. Бабаджанов, А. Ли

Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, Республика Узбекистан

### Аннотация

В данной статье приведены некоторые аспекты повышения износостойкости деталей машин, краткие теоретические предпосылки оценки эффективности технологии ультразвуковой обработки деталей. Приведены графики зависимости коэффициента  $K_{H_a}$  от усилия выглаживания и прироста относительной микротвердости в расчете на единицу прикладываемого статического усилия от исходного значения микро твердости.

*Ключевые слова:* износостойкость, детали машин, технология, ультразвуковая обработка, усилия выглаживания, микротвердость.

В современном машиностроении возникают технологические проблемы, связанные с обработкой новых материалов и сплавов, форму и состояние поверхностного слоя которых трудно получить известными механическими методами. К таким проблемам относится обработка весьма прочных или весьма вязких материалов, хрупких и неметаллических материалов (керамика), тонкостенных нежестких деталей, а также пазов и отверстий, имеющих размеры в несколько мкм; получение поверхностей деталей с малой шероховатостью, с очень малой толщиной дефектного поверхностного слоя и т.д.

В этих условиях, когда возможность обработки резанием ограничены плохой обрабатываемостью материала изделия, сложностью формы обрабатываемой поверхности или обработка вообще невозможна, целесообразно применять электрофизические и электрохимические методы обработки. Кинематика формообразования поверхностей деталей электрофизическими и электрофизическими методами обработки, как правило, проста, что обеспечивает точное регулирование процессов и их автоматизацию [1].

В современном машиностроении при изготовлении ответственных деталей применяются физико-химические способы размерной и упрочняющее-чистой обработки. Эти способы дополняют, а иногда заменяют традиционные процессы резания. Постоянно растущие требования к качеству, надежности и долговечности изделий делают актуальными создание и применение новых методов обработки. Энергия ультразвука позволяет интенсифицировать процесс обработки и добиться значительного улучшения показателей качества обрабатываемых поверхностей по сравнению с традиционной обработкой выглаживанием [2].

Количественную оценку эффективности ввода дополнительных энергии ультразвука удобно проводить с помощью безразмерных показателей, например, коэффициентов относительной микротвердости и шероховатости, соответственно характеризующие прирост микротвердости и снижения шероховатости относительно их исходных значений [3]:

$$K_{H_a} = \frac{H_a}{H_{a(исх)}}, (1) \quad K_{R_a} = \frac{R_{a(исх)}}{R_a}, (2)$$

где  $H_{a(исх)}$ ,  $R_{a(исх)}$ ,  $H_a$ ,  $R_a$  – соответственно, исходные и полученные после обработки значения микро твердости и шероховатости поверхности.

Для расчета коэффициентов  $K_{H_a}$  и  $K_{R_a}$  воспользовались результатами, полученными различными авторами при исследовании процессов обработки как обычного, так и ультразвукового выглаживания.

На рисунке 1 представлены зависимости коэффициента  $K_{H_a}$  от усилия выглаживания.

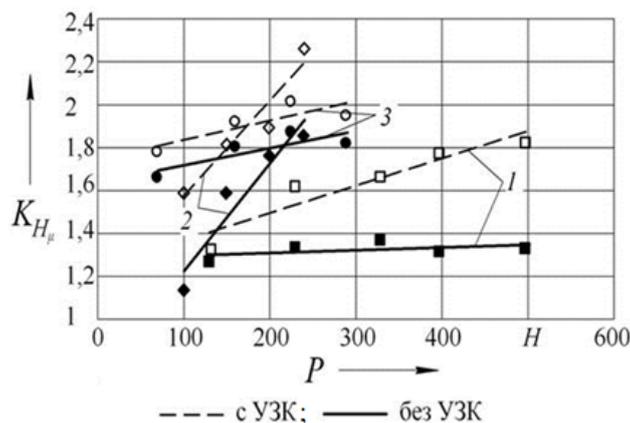


Рис. 1. Зависимость относительной микротвердости от статического усилия при выглаживании стали ХВГ (1), 08Х12Н10Т (2), 45 (3)

Из рисунка 1 следует, что с увеличением усилия, как и следовало ожидать, наблюдается увеличение коэффициентов для всех обработанных материалов, т.е. наблюдается прирост микротвердости относительно исходного значения.

Определенный интерес представляет угол наклона прямых линий, характеризующий прирост относительной микротвердости с изменением усилия обработки.

Тангенс угла  $\alpha$  наклона аналитически можно выразить с учетом уравнения (2) следующей зависимостью:

$$\operatorname{tg} \alpha = \left( \frac{\Delta H_a}{H_{a(\text{исх})}} \right) \frac{1}{\Delta P}, \quad (3)$$

Полученное выражение (3) удобно представить в процентном соотношении, помножив правую часть на 100%, тогда размерность выражения будет  $\%/H$ , т.е. характеризует процентный прирост относительной микротвердости в расчете на единицу приложенного статического усилия.

На рисунке 2 приведены результаты расчета по формуле (3) в зависимости от исходного значения микротвердости обрабатываемых поверхностей.

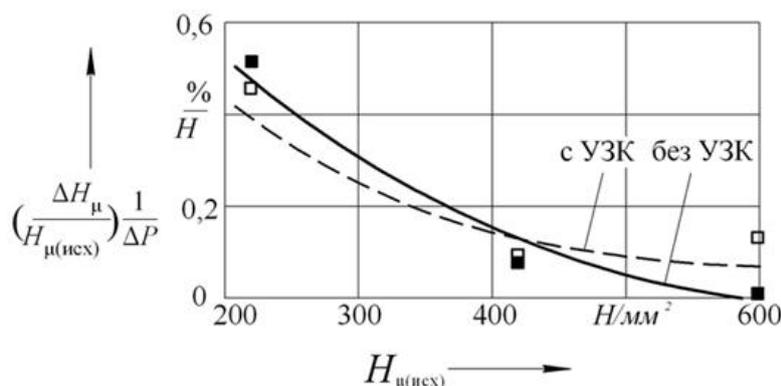


Рис. 2. Зависимость прироста относительной микротвердости в расчете на единицу прикладываемого статического усилия от исходного значения микротвердости

Как выяснилось, значения угла наклона зависит от исходного значения микротвердости, для более пластичных материалов (например, для стали 8Х12Н10Т) он больше, для материалов с высоким значением исходной микротвердости наблюдается его уменьшение [4].

**Заключение.** Из зависимости прироста относительной микротвердости в расчете на единицу прикладываемого статического усилия от исходного значения микротвердости следует,

что для исследованных материалов большую эффективности ввод в зону обработки дополнительной энергии ультразвука приобретает при обработке материалов с высоким значением исходной микротвердости поверхности, т.е. для стали ХВГ. Обусловлено это особенностью воздействия ультразвука на пластические свойства материала, в частности на его дислокационную структуру.

## Литература

- [1] Артамонов Б. А., Волков, Ю. С., Дрожалова, В. И. и др. Электрофизические и электрохимические методы обработки материалов. Учебное пособие (в 2-х томах)/Под ред. В. П. Смоленцева. - М.: Высшая школа, 1983.
- [2] Отчет НИР по гранту № КХА-3-2015 «Сув хужалигида кулланиладиган марказдан кочма насос деталлари ресурсини тиклаш технологиясини модернизациялаш», -Ташкент, -2015 г. - 160 с.
- [3] Марков А.И. Ультразвуковая обработка материалов. -М.: Машиностроение, 1980. -237 с.
- [4] Гаркунов Д.Н. Триботехника: учебник для вузов. -Изд. 2-е, перераб. и доп. -М.: Машиностроение, 1989. -328 с.

## О МОДЕРНИЗАЦИИ СТЕНДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ УБОРОЧНОГО АППАРАТА ХЛОПКОУБОРОЧНОЙ МАШИНЫ

*Шарипов К.А., д.т.н., профессор Туринский политехнический университет в г. Ташкенте, Республика Узбекистан*

*Исамова Г., научный сотрудник Туринский политехнический университет в г. Ташкенте, Республика Узбекистан*

*Ли А., к.т.н., доцент Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, Республика Узбекистан*

## Аннотация

В данной статье рассматривается о актуальности разработки стенда испытания уборочных аппаратов хлопкоуборочных машин, которая позволит проводить исследования кинематики и динамики привода уборочного аппарата.

*Ключевые слова: аппараты хлопкоуборочных машин, технологический процесс уборки, надежность машин, кинематика и динамика привода, испытательный стенд.*

На сегодняшний день, сильно возросли требования агротехники возделывания хлопчатника и текстильной промышленности к биологическому сырью, и в этом аспекте консенсус совершенствования рабочих органов, разработка новых технологических и технических решений с целью повышения эффективности применения уборочных аппаратов и в целом хлопкоуборочных машин остаются весьма актуальными задачами.

При этом, главной целью модернизаций конструкций хлопкоуборочных аппаратов были и остаются агротехнические показатели - повышение полноты сбора, сокращение потерь и засоренности хлопка-сырца в бункере, а также сохранения природных качеств урожая хлопка-сырца, рост стабильности технологического процесса и надежности машин.

Приобретение испытательного стенда уборочных аппаратов за рубежом задача не простая и является экономически трудновыполнимой задачей для НИИ и заводов, занимающихся разработкой и улучшением конструкций хлопкоуборочных машин. А разработанные в конце 70-х и начале 80-х годов стенды предназначены требованиям исследований уборочных аппаратов той эпохи машиностроения (рис. 2) [1].



**Рис. 2. Стенд испытания хлопкоуборочных аппаратов конструкции САИМЭ**

Модернизация стенда проведена в соответствии и аналогии современной конструкции уборочного аппарата хлопкоуборочной машины [2].

Все узлы, механизмы, детали и составные элементы стенда – покупные стандартные изделия импортного производства. Конструкцию уборочного аппарата без каких-либо изменений позаимствовали у серийной хлопкоуборочной машины МХ-1,8. Некоторые детали и составные элементы стенда приведены на рисунке 1.



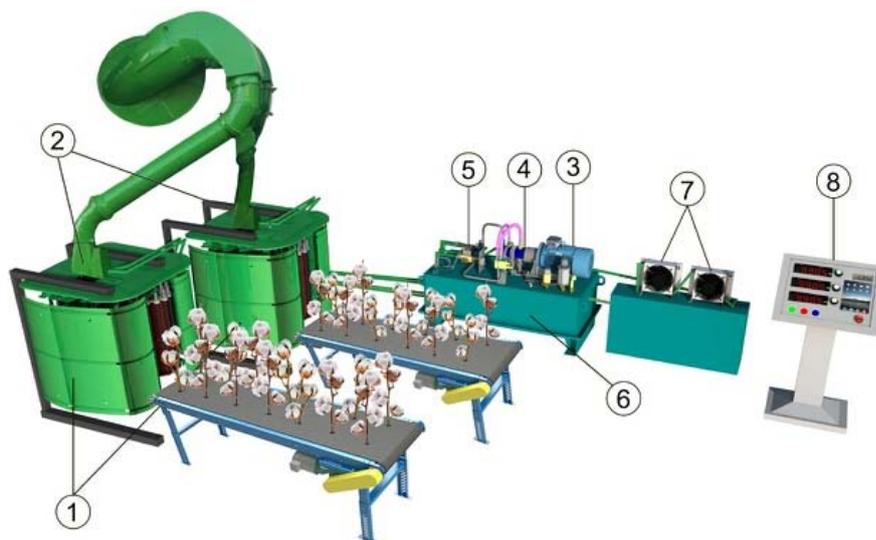
**Рис. 1. Детали и составные элементы стенда:**

1-гидромотор; 2-ремень; 3,4-шкив; 5-конвертор; 6-дозатор; 7-пластина.

В качестве основного привода использовали электродвигатель асинхронный мощностью  $N=7,5$  кВА с числом оборота  $n=1850$  мин<sup>-1</sup> и гидронасос НШ-150.

Основные конструкционные и технологические показатели стенда с гидрообъемным приводом уборочных аппаратов: гидронасос НШ-150, максимальное кратковременное давление  $P_{\text{кратк. макс.}}=25$  МПа, максимальное пиковое давление  $P_{\text{пик. макс.}}=28$  МПа, коэффициент полезного действия (КПД) –  $\eta=0,8-0,95$ , максимальная частота вращения  $n_{\text{макс}}=1850$  мин<sup>-1</sup>, минимальная частота вращения  $n_{\text{мин}}=500$  мин<sup>-1</sup>, давление в гидроарматуре – 35 МПа, частота вращения уборочного аппарата - 115 мин<sup>-1</sup> [3].

Общий вид модернизированного стенда в формате 3D приведена на рисунке 3 [4].



**Рис. 3. Стенд для испытания уборочных аппаратов:**

1-уборочный аппарат, 2-гидромотор, 3-электродвигатель, 4-гидронасос,  
5-гидрораспределитель, 6-бак, 7-система охлаждения, 8-панель управления

Пуск и изменение режимов работы будет осуществляться через электронный блок управления 8. Привод уборочных аппаратов 1 осуществляется гидромоторами 2, соединенные гидроарматурой с гидрораспределителем 5, баком 6, системой охлаждения масла 7, гидронасосом 4 связанный электродвигателем 3.

В настоящее время подготовлены все необходимые узлы и механизмы, а также приобретены стандартные изделия для монтажа стенда.

Решение данной задачи позволит проводить научным работникам НИИ, конструкторам и специалистам машиностроительных заводов исследования по улучшению конструкции уборочного аппарата.

#### **Список использованной литературы**

- [1] Отчёт научно-исследовательской работы по проекту № И-2015-2-15/1 «Изготовление и внедрение испытательного стенда для исследования динамики и кинематики уборочного аппарата хлопкоуборочной машины ХМ-1,8». -Ташкент. -2017. -39 с.
- [2] Техническое описание и инструкция по эксплуатации хлопкоуборочной машины МХ-1,8. –Ташкент. -82 с.
- [3] Отчёт научно-исследовательской работы по проекту № И-2015-2-15/1 «Изготовление прицепной хлопкоуборочной машины и выдача рекомендаций к внедрению». Ташкент. - 2015. -34 с.
- [4] К. Шарипов, А. Ли. Стенд для исследования динамики и кинематики хлопкоуборочных аппаратов. Достижения молодых ученых в развитии сельскохозяйственной науки и АПК. Сборник материалов VII международной научно-практической конференции молодых ученых. с. Солёное Займище (Россия). -2018 г. -с. 371-374.

## **КОНТРОЛЬ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ ШПИДЕЛЕЙ ИЗМЕРЕНИЕМ ПЕРИОДА**

*Улжаев Эркин (ТашГУ, г.Ташкент)*

*Убайдуллаев Уткиржон Муродиллаевич (ТашГУ, г.Ташкент)*

**Аннотация**

Рассмотрена задача контроля скорости вращения приводов, в частности шпинделей хлопкоуборочной машины (ХУМ), измерением периода импульса от установленного датчика. Предложено произвести подсчет количества импульсов высокочастотного счетчика при постоянной скорости вращения шпинделя только в одном периоде сигнала датчика. Установлено, что точность измерения связана с соотношением между периодом высокочастотного счетчика микроконтроллера и сигналом датчика, зависящим от действительного значения вращения шпинделя. Экспериментальным исследованием и расчетным путем установлено, что применение методики измерения скорости вращения шпинделя в низкочастотной области посредством контроля периода, уменьшает погрешность измерения.

*Ключевые слова:* измерение скорости вращения, измерение угловой скорости, измерение периода импульса, высокочастотный счетчик микроконтроллера.

Альтернативным решением для уменьшения погрешности измерения скоростей вращения является переход от измерения частоты к измерению периода на определенном уровне (низкой) скорости вращения. В данном случае измерение осуществляется путем подсчета количества периодов высокочастотного сигнала внутри одного (или более) импульсов чувствительной частей датчика, рис.3. Согласно [1,2,3] расчет скорости вращения производится при постоянной скорости вращения привода в одном периоде сигнала датчика:

$$\omega = \frac{d\theta}{dt} \cong \frac{\Delta\theta}{n \cdot T_{hf}} \cong \frac{2\pi}{N_p \cdot n \cdot T_{hf}} [\text{рад/сек}] \rightarrow \frac{60}{N_p \cdot n \cdot T_{hf}} [\text{об/мин}] \quad (4)$$

При многократном контроле действительное значение скорости можно рассчитать в каждый период сигналов датчика. Тогда, период дискретизации скорости зависит от скорости вращения шпинделя и его можно рассчитать по формуле:

$$T_\omega(\omega) = \frac{2\pi}{N_p \cdot \omega} [\text{сек}] \quad (5)$$

При этом, точность измерения связана с соотношением между периодом высокочастотного счетчика и сигналом датчика, который не является целочисленным значением, так как он зависит от действительного значения скорости вращения шпинделя. В этом методе расчет абсолютных и относительных погрешностей является сложным, так как она включает функции нелинейного округления. Вместо этого, погрешность худшего случая может быть рассчитана путем рассмотрения абсолютной погрешности одного высокочастотного импульса, приводящего к максимальному логарифму, ограничивающему предельную погрешность, заданному следующей формулой [4,5], то есть примерно изменяющийся линейной скоростью:

$$e_\omega = \frac{T_{hf}}{\frac{2\pi}{N_p \cdot \omega} - T_{hf}} \cdot 100\% \cong \frac{\omega \cdot N_p \cdot T_{hf}}{2\pi} \% \quad (6)$$

Экспериментальным расчетным путем, установлено, что при очень низкой скорости шпинделя число высокочастотных импульсов приближается максимальному значению и иногда приводит насыщение цифрового таймера микроконтроллера, используемого для измерения.

Кроме того, в этом методе контроля, для каждого периода контроля и регулирования скорости не требуется выборка скорости вращения, требующая адаптации параметров управления. В этой ситуации квадратурное декодирование импульсов датчика может быть использовано для уменьшения ширины измерительного интервала времени в четыре раза или требуется уменьшения частоты таймера микроконтроллера.

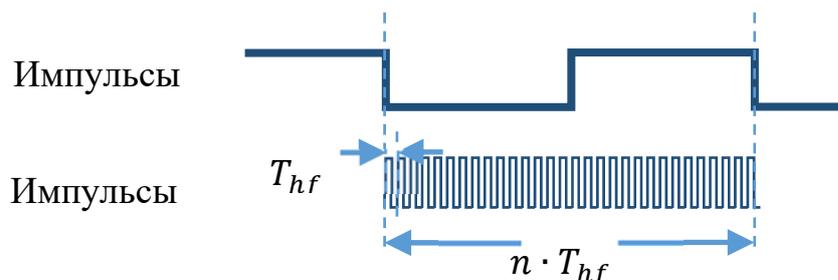


Рис.1. Диаграмма измерения периода с помощью высокочастотного счетчика

### микроконтроллера.

Уменьшение ширины интервального времени позволяет сократить время выборки частоты и улучшить управляющие характеристики привода, но делает измерительную систему более чувствительной к неидеальности датчика, включая изменения в местоположениях перехода от их номинальных значений и погрешность фазировки между каналами кодировщика.

Когда используются недорогие и малоразмерные неидеальные датчики, неидеальности играют основную роль в определении погрешности измерения периода эти датчики должны быть тщательно проанализированы на этапе проектирования шпинделя. В связи с этим для контроля скорости шпинделя нами выбраны датчики приближения LJ12A3-4-Z/BX.

Применение такой методы измерения периода является удобным, поскольку для этого требуется простой блок захвата таймера в микроконтроллерах. Конкретные аппаратные подсистемы можно рассматривать для преодоления проблем с насыщением цифрового таймера микроконтроллера серии AVR. Для устранения погрешности, вызванных не идеальностью датчика, необходимы соответствующие алгоритмы. Реальная точность контроля периода достигается только с помощью конкретного аппаратного решения [6].

Ниже, согласно формул: (4),(5) и (6) проведем расчет возможных абсолютных  $\Delta\omega$  и относительных  $e_\omega(\%)$  погрешностей квантования для различных количество чувствительных элементов ( $N_p$ ); периода импульса высокочастотного счетчика ( $T_{hf}$ ) и скоростей вращения шпинделей ( $\omega$ ).

Пример: определить абсолютную  $\Delta\omega$  и относительную  $e_\omega(\%)$  погрешностей скоростей вращения шпинделей при нижеприведенных случаях:

Для первой сллучи:  $N_p = 1$  ;  $\omega = 600[\text{об/мин}]$ ;  $\omega_{hf} = 1000\text{Гц}$ .

$$T_{hf} = \frac{1}{\omega_{hf}} = \frac{1}{1000} = 0,001\text{с.}$$

$$T = \frac{1}{\frac{\omega}{60} \cdot N_p} = \frac{1}{\frac{600}{60} \cdot 1} = 0,1\text{с.}$$

$$e_\omega = \frac{T_{hf}}{T} \cdot 100\% = \frac{0,001}{0,1} \cdot 100\% = 1\%$$

$$\Delta\omega = \frac{\omega \cdot e_\omega}{100} = \frac{600 \cdot 1}{100} = 6[\text{об/мин}]$$

Для второй сллучи:  $N_p = 4$  ;  $\omega = 2400[\text{об/мин}]$ ;  $\omega_{hf} = 1000\text{Гц}$ .

$$T_{hf} = \frac{1}{\omega_{hf}} = \frac{1}{1000} = 0,001\text{с.}$$

$$T = \frac{1}{\frac{\omega}{60} \cdot N_p} = \frac{1}{\frac{2400}{60} \cdot 4} = 0,00625\text{с.}$$

$$e_\omega = \frac{T_{hf}}{T} \cdot 100\% = \frac{0,001}{0,00625} \cdot 100\% = 16\%.$$

$$\Delta\omega = \frac{\omega \cdot e_\omega}{100} = \frac{2400 \cdot 16}{100} = 384[\text{об/мин}].$$

Результаты расчетов для остальных случаев приведены в таблице 1.

Таблица расчета зависимости погрешностей измерения скоростей (частоты) вращения от измеренных интервалов времени и от количества чувствительных элементов датчика.

Таблица 1

Кол. чувст. элем. $N_p$	Частота ВЧ счетчика $\omega_{hf}$ КГц	Период ВЧ счетчика $T_{hf}$	Скорость вращения $\omega$ [об/мин]	Измеряемый период $T$	Абсолютная погрешность $\Delta\omega$ [об/мин]	Относительная погрешность $e_\omega$ %
1	1	0,001	600	0,1	6,00	1,000%
1	1	0,001	1200	0,05	24,00	2,000%
1	1	0,001	2400	0,025	96,00	4,000%
1	10	0,0001	600	0,1	0,60	0,100%
1	10	0,0001	1200	0,05	2,40	0,200%
1	10	0,0001	2400	0,025	9,60	0,400%
1	100	0,00001	600	0,1	0,06	0,010%
1	100	0,00001	1200	0,05	0,24	0,020%
1	100	0,00001	2400	0,025	0,96	0,040%
1	1000	0,000001	600	0,1	0,01	0,001%
1	1000	0,000001	1200	0,05	0,02	0,002%
1	1000	0,000001	2400	0,025	0,10	0,004%
2	1	0,001	600	0,05	12,00	2,000%
2	1	0,001	1200	0,025	48,00	4,000%
2	1	0,001	2400	0,0125	192,00	8,000%
2	10	0,0001	600	0,05	1,20	0,200%
2	10	0,0001	1200	0,025	4,80	0,400%
2	10	0,0001	2400	0,0125	19,20	0,800%
2	100	0,00001	600	0,05	0,12	0,020%
2	100	0,00001	1200	0,025	0,48	0,040%
2	100	0,00001	2400	0,0125	1,92	0,080%
2	1000	0,000001	600	0,05	0,01	0,002%
2	1000	0,000001	1200	0,025	0,05	0,004%
2	1000	0,000001	2400	0,0125	0,19	0,008%
4	1	0,001	600	0,025	24,00	4,000%
4	1	0,001	1200	0,0125	96,00	8,000%
4	1	0,001	2400	0,00625	384,00	16,000%
4	10	0,0001	600	0,025	2,40	0,400%
4	10	0,0001	1200	0,0125	9,60	0,800%
4	10	0,0001	2400	0,00625	38,40	1,600%
4	100	0,00001	600	0,025	0,24	0,040%
4	100	0,00001	1200	0,0125	0,96	0,080%
4	100	0,00001	2400	0,00625	3,84	0,160%
4	1000	0,000001	600	0,025	0,02	0,004%
4	1000	0,000001	1200	0,0125	0,10	0,008%
4	1000	0,000001	2400	0,00625	0,38	0,016%

Из таблицы расчета видно, что величины абсолютных ( $e_\omega$ ) и относительных ( $\Delta\omega$ ) погрешностей измерения квантованных импульсов линейно зависят от количество чувствительных элементов ( $N_p$ ); периода импульса высокочастотного счетчика ( $T_{hf}$ ) и скоростей вращения шпинделей ( $\omega$ ). При этом абсолютная погрешность ( $\Delta\omega$ ) обратно пропорционально на частоту высокочастотного счетчика ( $\omega_{hf}$ ) и прямо пропорционально на количество чувствительного элемента ( $N_p$ ) и квадрату скорости вращения шпинделя ( $\omega^2$ ), а относительная погрешность ( $e_\omega$ ) обратно пропорционально на частоту высокочастотного счетчика ( $\omega_{hf}$ ) и прямо пропорциональна на количество чувствительного элемента ( $N_p$ ) и скорости вращения шпинделя  $\omega$ .

## Литература

- [1] R.M. Kennel, "Why do incremental encoders do a reasonable good job in electrical drives with digital control," Proceedings of the 41st IEEE Industry Applications Society Annual Meeting, Tampa, FL, USA, Volume 2, pp. 925÷930, 8÷12 October, 2006.
- [2] B.J. Brunsbach, G. Henneberger, Th. Klepsch, "Speed Estimation with Digital Position Sensor," Proceedings of the International Conference on Electrical Machines (ICEM'92), pp. 577÷581, Manchester, 1992.
- [3] G. Liu, "On Velocity Estimation Using Position Measurements," Proceedings of the American Control Conference, Anchorage, AK, May 8÷10, 2002.
- [4] N. Ekekwe, R. Etienne-Cummings, P. Kazanzides, "Incremental Encoder Based Position and Velocity Measurements VLSI Chip with Serial Peripheral Interface," Proceedings of the IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS'2007), New Orleans, LA, USA, pp. 3558÷3561, 27-30 May, 2007.
- [5] R.C. Kavanagh, "Improved Digital Tachometer With Reduced Sensitivity to Sensor Nonideality," IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 47, No. 4, August 2000.
- [6] Э.Улжаев, У.М. Убайдуллаев и др. "Устройство для контроля скоростей вращения шпинделей хлопкоуборочной машины". Ихтирога патент. № IAP 05526. Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан, 2014.

## ПРИНЦИП РАБОТЫ И ДИАГНОСТИКА МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ АВТОМОБИЛЕЙ

*Умеров Фикрет Шевкет оглу, Ташкентский государственный технический университет, старший преподаватель, Ташкент, Узбекистан.*

### Аннотация

На примере мехатронной системы управления двигателем и трансмиссией автомобиля показаны особенности технологии их диагностирования.

*Ключевые слова: автомобиль, мехатроника, диагностика, методы исследования, принципы построения.*

Мехатроника возникла как комплексная наука от слияния отдельных частей механики и микроэлектроники. Её можно определить как науку, занимающуюся анализом и синтезом сложных систем, в которых в одинаковой степени используются механические и электронные управляющие устройства.

Все мехатронные системы автомобилей по функциональному назначению делят на три основные группы [1]:

системы управления двигателем; – системы управления трансмиссией и ходовой частью; системы управления оборудованием салона.

Система управления двигателем подразделяется на системы управления бензиновым и дизельным двигателем. По назначению они бывают монофункциональные и комплексные.

В монофункциональных системах ЭБУ подает сигналы только системе впрыска. Впрыск может осуществляться постоянно и импульсами. При постоянной подаче топлива его количество меняется за счет изменения давления в топливопроводе, а при импульсном – за счет продолжительности импульса и его частоты.

В комплексных системах один электронный блок управляет несколькими подсистемами: впрыска топлива, зажигания, фазами газораспределения, самодиагностики и др.

Система электронного управления дизельным двигателем контролирует количество впрыскиваемого топлива, момент начала впрыска, ток факельной свечи и т.п.

В электронной системе управления трансмиссией объектом регулирования является главным образом автоматическая трансмиссия. На основании сигналов датчиков угла открытия

дроссельной заслонки и скорости автомобиля ЭБУ выбирает оптимальное передаточное число трансмиссии, что повышает топливную экономичность и управляемость.

Управление ходовой частью включает в себя управление процессами движения, изменения траектории и торможения автомобиля. Они воздействуют на подвеску, рулевое управление и тормозную систему, обеспечивают поддержание заданной скорости движения.

Управление оборудованием салона призвано повысить комфортабельность и потребительскую ценность автомобиля. С этой целью используются кондиционер воздуха, электронная панель приборов, мультимедийная информационная система, компас, фары, стеклоочиститель с прерывистым режимом работы, индикатор перегоревших ламп, устройство обнаружения препятствий при движении задним ходом, противобликовые устройства, аппаратура связи, центральная блокировка замков дверей, стеклоподъемники, сиденья с изменяемым положением, режим безопасности и т. д.

То определяющее значение, которое принадлежит электронной системе в автомобиле, заставляет уделять повышенное внимание проблемам, связанным с их обслуживанием.

Решение этих проблем заключается во включении функций самодиагностики в электронную систему. Реализация этих функций основана на возможностях электронных систем, уже использующихся на автомобиле для непрерывного контроля и определения неисправностей в целях хранения этой информации и диагностики.

Система управления двигателем внутреннего сгорания – электронный блок управления (ЭБУ), который получает данные от различных датчиков. Непрерывная подача информации на блок управления двигателем позволяет ЭБУ контролировать и динамично корректировать параметры работы различных систем и механизмов ДВС. Рекомендуем также прочитать статью о том, что такое ЭБУ. Из этой статьи вы узнаете об устройстве и принципах работы электронного блока управления двигателем.

Принцип работы мехатронной системы управления двигателем приведен на (рис.1)

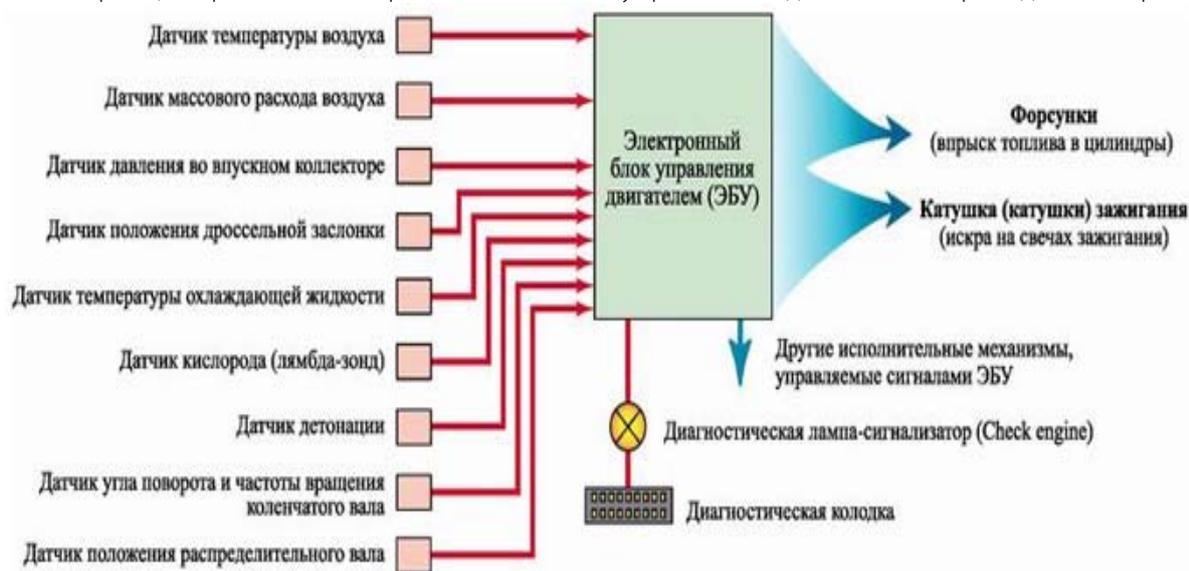


Рис.1. Принцип работы мехатронной системы управления двигателем

Мехатронная система управления двигателем в основе имеет комплексное управление крутящим моментом силового агрегата, то есть крутящий момент регулируется под один из возможных режимов работы двигателя: режим запуска ДВС; прогрев двигателя; работа на холостом ходу; езда под нагрузкой; переходные режимы; торможение двигателем; включение дополнительного оборудования и т.п.; ЭБУ влияет на крутящий момент двигателя посредством регулировки подачи воздуха, а также при помощи корректировки УОЗ (угол опережения зажигания).

Принцип компьютерной диагностики (рис. 2) основан на следующем [3,4]:

- создании и передаче под управлением ПЭВМ через диагностический интерфейс (адаптер), выполненный в соответствии со стандартом ISO 9141, электрических сигналов, инициализирующих связь с конкретным электронным блоком;

- приеме информации от электронного блока, поступающей по диагностическому каналу;

- преобразовании информации в сигналы стандарта RS 232C;

- обработке этих данных по заданной программе и отображении результатов на экране ПЭВМ.

Диагностика неисправностей и установка параметров с помощью компьютерной контрольно-диагностической системы можно описать:

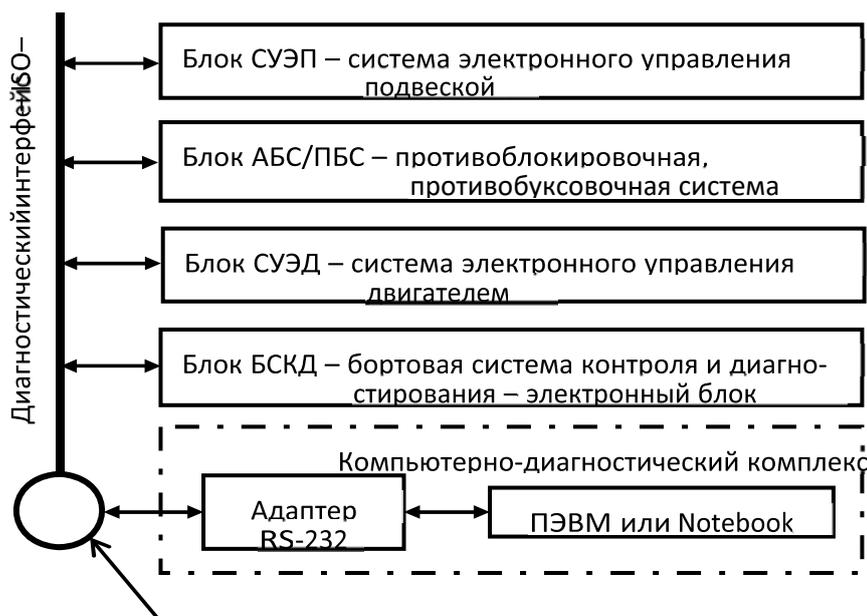


Рис. 2. Структурная схема компьютерной диагностики мехатронных систем автомобиля

Диагностическая программа позволяет получить информацию о текущих неисправностях системы (активные неисправности), если они имеются, а также информацию о неисправностях, которые были, но в данный момент отсутствуют (пассивные неисправности). Кроме того, могут быть получены сведения о номере электронного блока, его изготовителе и дате изготовления, версии программного обеспечения, дате последнего изменения параметров.

С электронного блока системы управления двигателем могут быть считаны данные об общей наработке двигателя в том числе на холостом ходу, общем пробеге автомобиля, пробеге после последнего ТО и т. д.

#### Список использованной литературы

- [1] Бутылин В.Г., Иванов В.Г., Лепешко И.И. и др. Анализ и перспективы развития мехатронных систем управления торможением колеса // Мехатроника. Механика. Автоматика. Электроника. Информатика. – 2000. – №2. – С. 33 – 38.
- [2] Данов Б.А., Титов Е.И. Электронное оборудование иностранных автомобилей: Системы управления трансмиссией, подвеской и тормозной системой. – М.: Транспорт, 1998. – 78 с.
- [3] Данов Б. А. Электронные системы управления иностранных автомобилей. – М.: Горячая линия – Телеком, 2002. – 224 с.
- [4] Сига Х., Мидзутани С. Введение в автомобильную электронику: Пер. с японск. – М.: Мир, 1989. – 232 с.
- [5] <http://krutimotor.ru/benzinovyj/ustrojstvo/sistema-elektronnogo-upravleniya/>

## УЛУЧШЕНИЯ МОЮЩЕЕ - ДИСПЕРГИРУЮЩИХ СВОЙСТВ МОТОРНЫХ МАСЕЛ

*Д.т.н. Ж. Иноятходжаев (ТТПУ)*

*К.т.н., доцент З. Алимова (ТИПСЭАД)*

*Поискатель, докторант А. Шарипов (ТТПУ)*

Без применения высококачественных смазочных материалов различного назначения невозможно добиться надежной и длительной работы транспортных средств. Качество моторных масел значительно влияет на надежность работы двигателя и его моторесурс, на расход топлива и на другие параметры. Очень важен поэтому качественный рациональный подбор и применение моторных масел. Чтобы обеспечить надежную смазку двигателя в процессе его работы, требуется непрерывно подводить смазочное масло к трущимся поверхностям деталей. При этом масло может находиться в объеме и тонком слое. Скорость и характер окисления масла при этом различные. Самые высокие требования к стабильности в тонком слое предъявляются к маслам для узла трения поршень-цилиндр. Здесь масло работает в тонком слое, при высокой температуре, в контакте с кислородом воздуха и в условиях, когда наиболее сильно проявляется каталитическое действие металла.

В настоящее время автомобильный парк страны с каждым годом увеличивается. Автомобильными заводами республики выпускаются самые современные автомобили, для эксплуатации которых необходимы соответственно высококачественные моторные масла. В процессе работы происходит изменение качества масла.

Как известно, в двигателе автомобиля большое количество движущихся и трущихся между собой деталей. В процессе работы двигателей внутреннего сгорания их узлы и детали загрязняются различными отложениями. Наибольшую опасность лаковое отложение представляет для поршневых колец. Заполняя зазоры, образованные поршневыми кольцами и канавки, проточенные в поршнях, оно снижает подвижность колец. Отложения при высокотемпературном режиме работы двигателей образуются в основном в виде нагаров и лаков на поверхностях деталей, имеющих относительно высокую температуру (камера сгорания, цилиндро-поршневая группа). Одновременно с образованием лакового отложения происходит внедрение в него попадающих из высокотемпературной зоны сажи, пыли и других твердых частиц. По истечении некоторого времени лаковое отложение с внедрившимися в него твердыми частицами вызывает пригорание поршневых колец, внешне проявляющееся в полной потере ими подвижности.

Процесс образования отложений связан с термоокислительными превращениями продуктов неполного сгорания топлива и компонентов масла. Эти превращения протекают как в объеме масла, так и в его тонком слое на нагретой металлической поверхности.

Основным средством борьбы с лакообразованием в двигателе является добавка к маслам моющих присадок. Присадки - сложные химические соединения, которые вводятся в смазочные масла в концентрации до 20%. Моющие присадки предотвращают слипание нерастворимых продуктов окисления и их отложений на деталях. По механизму действия их делят на детергенты и дисперсанты.

Детергенты – это поверхностно-активные вещества (маслорастворимые алкилбензолсульфонаты, фосфаты и др.), защищающие поверхность деталей двигателя от прилипания и скопления на них продуктов окисления. Некоторые сульфонаты имеют щелочные свойства и нейтрализуют кислые продукты окисления. В состав щелочных присадок могут входить диспергированные окиси, гидроокиси и карбонаты металлов.

Дисперсанты подавляют агломерацию и слипание продуктов окисления, и осаждение смолистых веществ на поверхностях деталей. Основная задача этих присадок – поддержание загрязнений в масле в растворенном состоянии, предотвращение их отложение на деталях двигателя, масляных каналах и др., диспергирование (растворение) крупных загрязнений.

В качестве дисперсантов применяют полимеры с полярными группами, которые поддерживают коллоидные частицы продуктов окисления и загрязнения во взвешенном

состоянии и препятствуют прилипанию их к поверхностям нагретых деталей и срачиванию частичек между собой, что нарушило бы поступление масла к трущимся деталям (рис.1).

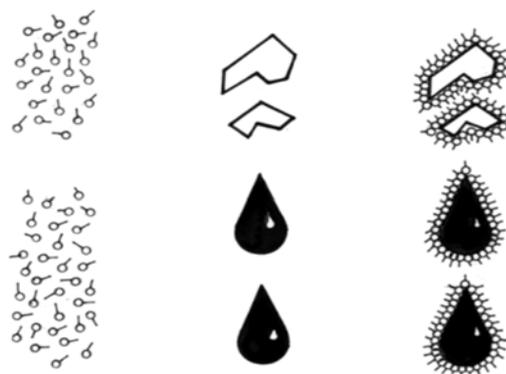
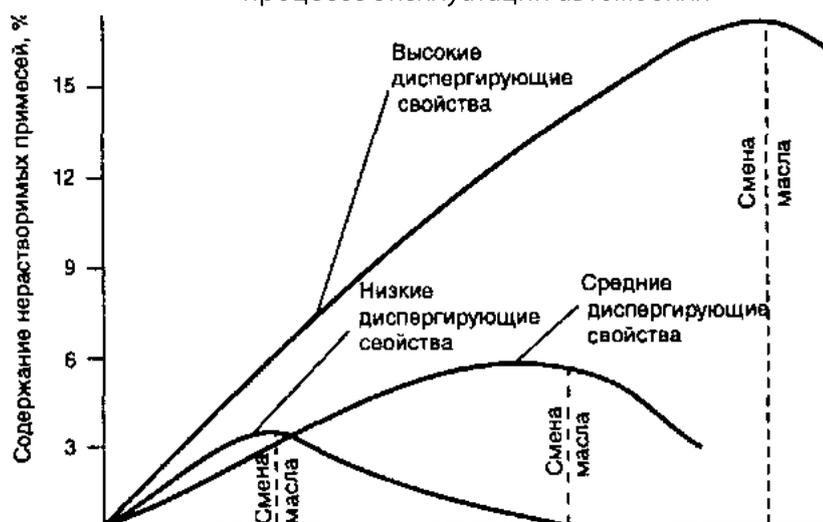


Рис.1. Схема действия дисперсантов: образование суспензии и эмульсии

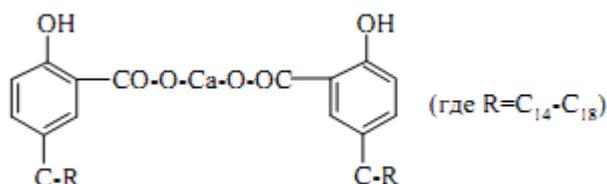
Механизм действия моющих присадок заключается в том, что они сохраняют образующиеся в масле углеродистые частички в мелкодисперсном состоянии. Укрупнению частичек нагара препятствует адсорбция молекул присадки на их поверхности. Все процессы нагарообразования протекают в канавках для поршневых колец. Именно здесь образуются высокоуглеродистые соединения, которые отлагаются в канавках в виде плёнок.

Рис.2. Накопление нерастворимых примесей в маслах диспергирующими свойствами в процессе эксплуатации автомобиля



Поршневые кольца истирают эти плёнки, моющие присадки способствуют при этом сверхтонкому измельчению нагара, а циркулирующее масло затем смывает измельченные частички. При использовании масла с хорошими моющими свойствами детали двигателя выглядят как бы вымытыми, отсюда появление термина «моющие».

Вещества, применяемые в качестве моющих присадок, представляют собой соли органических кислот, феноляты металлов. Сульфонаты бария и кальция (СБ-3, СК-3) – бариевые и кальциевые соли ароматических сульфокислот обладают способностью улучшать и другие качественные показатели масел (антикоррозионные, антиизносные). Мы пользовались моющей присадкой алкилсалицилат кальция :



Запас нейтрализующих свойств, которым характеризуется моторное масло, называется щелочное число может изменяться в пределах: от 5-20 мгКОН/г.

Из литературных источников известно, что моюще-диспергирующие присадки вводятся в масла до 20%. В связи с этим представлял интерес влияние присадки на её растворимость в масле при концентрации 20%. Нами было проведено анализ моторных масел М 10В и моющими присадками алкилсали-цинат кальций. После введения в масло такой концентрации присадки нами наблюдалось за её растворением ( табл.1,2).

Таблица 1.

Результаты растворимости присадок в зависимости от температуры нагревания

Присадка	Растворимость присадок			
	Не растворилось	Частичная растворилось	Средняя растворилось	Полная растворилось
Моющая присадка	30 °С	50 °С	60 °С	70 °С

Таблица 2.

Результаты совместимости присадок в зависимости от времени нагревания

Присадка	Растворимость присадок			
	Не растворилось	Частичная растворилось	Средняя растворилось	Полная растворилось
Моющая присадка	35мин	50мин	1,8 час	2,5 час

Определив растворение присадок в моторное масло и присадку алкилсалицинат кальция нами было определено физико-химические показатели моторного масла для различных концентрации присадок (таблица 3) .

Таблица 3.

Показатели	Масло М-10В без присадки	Масло М-10В с присадкой (5%)	Масло М-10В с присадкой (10%)	Масло М-10В с присадкой (15%)	Масло М-10В с присадкой (20%)
Плотность при: t=20°C г/см <sup>3</sup>	0,868	0,868	0,900	0,905	0,907
Вязкость при: t=40°C t=100°C	104 11,5	104 11,3	104 11,0	103 10,8	103 10,0
Температура вспышки в открытом тигле, °С	218	218	220	222	222
Содержание воды,	-	следы	-	-	-
Щелочное число	4,5	5,4	6,5	6,9	7,0

По результатам лабораторных исследований испытаний при введении присадки в моторное масло М-10В физико-химические показатели за исключением щелочного числа практически не изменились. Щелочное число повысилось с 4,5 до 7,0 что свидетельствует об эффективности добавленной присадки. Это значит, что при использовании присадки в качестве моющей повысится ресурс работы моторного масла. Кроме того моторное масло с таким щелочным числом может эксплуатироваться не только в среднефорсированных, но и в высокофорсированных двигателях.

### Использованная литература

- [1] Смирнов А. В. Автомобильные эксплуатационные материалы. Учеб. пособие / НовГУ им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород, 2004. – 176 с.
- [2] Джерихов, В. Б. Автомобильные эксплуатационные материалы: учеб. пособие. гос. архит.-строит. ун-т. – СПб., 2009. – 256 с.
- [3] Кириченко Н.Б. Автомобильные эксплуатационные материалы: Учебное пособие.–М.: Издательский центр «Академия» 2012.-208стр.
- [4] <http://www.luknef.lukoil.ru/main/static>.

## ОЧИСТКА БИОГАЗА ОТ ВРЕДНЫХ ПРИМЕСЕЙ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЕ В ДВС

*Ж.Кайпова (Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан.*

*З.Мамадалиева, Н. Имомова, проф. Имомов Ш.Ж. (Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства. г.Ташкент, Узбекистан.)*

### Аннотация

В данной статье была затронута проблема очистки биогаза от сероводорода. В статье были рассмотрены виды очистки и их недостатки, предложено перспективное решение проблемы очистки сухим методом через трехступенчатую установку (скруббер). В качестве дополняющих абсорбентов использовано древесную опилку, стручки металла и активированный уголь.

*Ключевые слова: биогаз, сероводород, очистка биогаза, скруббер*

Во всем мире в условиях нарастающего дефицита энергоносителей и существенного увеличения стоимости всех видов энергии, исключительно актуальными становятся мероприятия экономии энергоресурсов путём внедрения новейших альтернативных технологий для топлива - и энергосбережения, и рационального использования топлива, электрической и тепловой энергии [1,2,3]. Учёными и исследователями ведутся разработки по поиску энергосберегающих решений взаимосвязанных, как энергетически, так и экологически. Биогазовые установки являются одним из решений получения энергетического обеспечения и в то же время способствуют качественной переработки органических отходов, поскольку интенсивный рост птицеводства и животноводства, как известно, связан с проблемой утилизации отходов ферм.

В последние годы на хозяйствах Казахстана широко развивается внедрение и разработка биореакторов нового поколения. Ускорение в них процесса микробиологических превращений достигается за счет интенсивного отвода появляющегося газа и очистки газообразных продуктов. Однако, их эксплуатация показала, что в конечном итоге производительность этих установок находится в функциональной зависимости от используемой чистоты газа и качества органического удобрения получаемой при анаэробной переработке.

Чтобы получить необходимых для процесса очищенного биогаза и высококачественных органических биоудобрений, следует прежде всего провести правильный подбор анаэробного процесса, зависящего (подходящего) к климатическим условиям эксплуатации биогазовой установки (БГУ). Биогазовая установка с "классической" схемой работы часто не соответствует современным требованиям микробиологического процесса и климатическим условиям. Таким образом, в этих установках для энергоснабжения затраты товарного биогаза на собственные нужды доходят до 60 - 70%, а иногда даже до 100%. При этом на очистку биогаза, получаемого при

анаэробной переработке загружаемой биомассы, расходуется 90 – 97% энергии от общих энергозатрат [3].

Самая большая проблема, которая встает при очистке биогаза – наличие в нем сероводорода, CO<sub>2</sub> и водных паров. При производстве биогаза наиболее вредным компонентом является сероводород. Как известно в биогазовых установках небольшой мощности (сотни м<sup>3</sup>/сут) применяют адсорбционный («сухой») способ удаления H<sub>2</sub>S за счет образования сульфидов при взаимодействии с оксидом железа (ферро окисный фильтр):



Он токсичен, обладает неприятным запахом, в присутствии влаги и, особенно в комбинации с диоксидом углерода вызывает коррозию металлического оборудования, при сгорании образует оксид и диоксид серы, которые, взаимодействуя с парами воды, превращаются в сернистую и серную кислоты, имеющие высокую коррозионную активность. Содержание сероводорода в биогазе может достигать до 3%. Как отмечалось выше сероводород совместно с водяными парами и особенно в комбинации с углекислым газом оказывает коррозирующее воздействие на металлические поверхности газооборудования, причем скорость коррозии может достигать 0,5-1 мм в год. При сжигании биогаза сероводород переходит в оксиды серы. Они, взаимодействуя с водяным паром, образуют серную и сернистую кислоты, которые также являются коррозионно-активными. Кроме того, H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub> и SO<sub>3</sub> - высокотоксичные газы [1].

Известно, что без очистки данных примесей смесь биогаза отрицательно влияет на эксплуатационные характеристики силовых установок, таких как двигателей внутреннего сгорания, поэтому, очистка газа от сероводорода является актуальной. Если же вообще игнорировать чистку газа, то металлические конструкции установки быстро подвергаются коррозии, форсунки системы обогрева быстро засоряются и выходят из строя. Это указывает, перед тем как использовать биогаз, необходимо освободить его от сероводорода. Как известно, на сегодняшний день существует три основных способа очистки биогаза: метод жидкого (мокрого) и твердого (сухого) химического поглощения примесей (абсорбционный и адсорбционный), метод мембранного разделения и вымораживания (криогенный метод) [1].

Недостатками этих методов является высокое потребление электроэнергии, что рождает необходимость в первичных капитальных затратах. Поэтому над очисткой биогаза от сероводорода, углекислого газа и водяных паров ведутся разработки более приемлемых методов.

Анализируя все вышеперечисленные методы, экономически целесообразным является сухая очистка биогаза от сероводорода. Метод сухой очистки биогаза осуществляется в скруббере с твердым слоем, через который протекает биогаз. Для адсорбции используется опилки и стружки металла. В процессе очистки под действием адсорбционного материала сероводород удерживается на стружках металла, а опилки впитывают в себя водяной пар.

Учитывая вышесказанное, нами предложена принципиальная схема трехступенчатой установки (скруббера) для очистки биогаза (рис.1.) и разработан с обоснованием конструкторско - технологических параметров фильтр для очистки биогаза (Рис.2.). Трехступенчатая установка скруббера очистки биогаза состоит из металлического корпуса (1), трех кассет первые два из которых заполняются, стружкой металла с деревянными опилками, а последняя наполнена активированным углем.

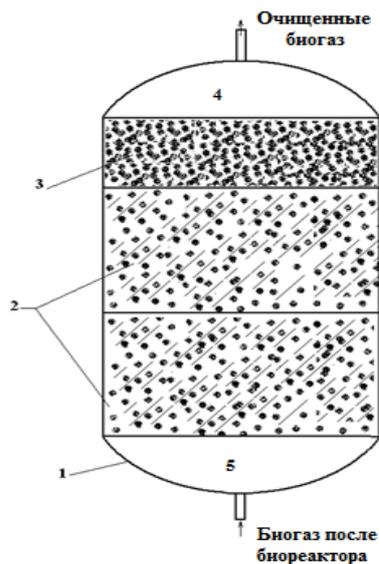


Рис.1. Принципиальная схема трехступенчатой установки (скруббера) очистки биогаза

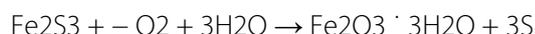


1,2,3 –кассеты для очистки биогаза; 4-многофункциональная лабораторная биогазовая установка (рабочий объем 960 литров); 5-пульт управления БГУ; 6-вакуум контроль давления биогаза в системе очистки и биореактора

Рис.2. Лабораторный фильтр очистки биогаза

При испытании лабораторной установки адсорбция биогаза проводилась первоначальным пропуском его через специально обработанный активированный уголь, где  $H_2S$  окисляется до серы, которая сорбируется порами угля (0,3 кг серы на 1 кг активированного угля). Водяной пар, содержащийся в биогазе, адсорбировался к активированному углю, вследствие чего уменьшалась активность угля по отношению к углеводороду. В дальнейших опытах перед следующим этапом очистки проводилась осушка активированного угля. Далее газ был пропущен через очередную насадку с активированным углем, на которой адсорбировались углеводороды [4,5,6]. Во время всех опытов на лабораторной установке (рис.2.), биогаз подавали с нижней части фильтра, работающего на термофильном режиме ( $54 \pm 20^\circ C$ ) биореактора перерабатывающего свиной навоз. Для восстановления технических характеристик лабораторного фильтра очистки биогаза, через каждые 100, 300, 600 и 1000 м<sup>3</sup> пропуска биогаза все кассеты регенерировали путём проветривания на открытом воздухе. необходимо отметить, что пропускная способность и качество биогаза являлось наилучшем при пропуске 500...580 м<sup>3</sup> биогаза (при  $CH_4$  - 68...70%,  $CO_2$  - 30...31%,  $H_2S$ -0,3...0,7%,  $H_2O$ -0,5...1% и незначительные попутные газы).

Оптимальная влажность адсорбента (5...20%) поддерживается присутствующими в биогазе парами воды. 1 кг оксида железа сорбирует около 250 г H<sub>2</sub>S. Регенерацию адсорбента производят продувкой воздухом. При этом образуется элементарная сера, отлагающаяся на поверхности оксида железа:



После каждой регенерации сорбционная способность оксида железа уменьшается в среднем на 15%, что обуславливает необходимость регулярной замены отработанного сорбента.

Анализируя вышесказанное можно сказать, что подобный способ демонстрирует, возможность сорбирования 240 - 260 г сероводорода (H<sub>2</sub>S) 1 кг стружкой железы, смешанного с древесными опилками.

Для метода сухой очистки была выбрана оптимальная влажность адсорбента от 4 до 25%, которую поддерживали присутствующими в биогазе парами воды.

Таким образом, комбинированный способ очистки биогаза, может исключить излишние энергозатраты на технику безопасности, обычную при классических методах кондиционирования, когда при остывании газовой консистенции или за счёт увеличения давления биогаза, химические Сорбенты, нагреваясь, становятся взрывоопасными.

#### Список использованной литературы.

- [1] Благутина В. Биоресурсы // Химия и жизнь – 2007. - №1. – С. 36-39.
- [2] Imomov Sh. Technological bases of heat recovery of biogas plants waste. Tashkent: Fan, 2011. - 136 p.
- [3] Имомов Ш., Усмонов К.: Биогаз: экология и органические удобрения. Ташкент. "FARZAY - POLIGRAF", 2016. – С. 258.
- [4] Имомов Ш. Седиментация суспензии шлама после анаэробной переработки органических отходов в биогазовых установках// Межд. агронауч. техн. жур. Вып № 4, 2014, Алма-Ата.
- [5] Имомов Ш., Усмонов К., Хакимов Б., Худойбердиев А., Эргашов З. Временные технологические регламент биогазовой установки. TR16472899-031:2016/ под.ред.д.т.н., академика А.Салимов. «Национальное холдинговой компания Узбекнефтогаз» БНПЗ. 2016 – С.48
- [6] Стребков Д., Ковалев А. Биогазовые установки для обработки отходов животноводства. // Техника и оборудование для села - 2006. - №11. - С.28-30
- [7] Каипова Жанар - соискатель Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан.
- [8] Имомова Нодира – соискатель кафедры «Автоматизация и управление технологическими процессами» Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства. г. Ташкент, Узбекистан.
- [9] Мамадалиева Зулфия – соискатель научно-исследовательского центра «Ресурсосберегающие техника и технология» Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства. г. Ташкент, Узбекистан.
- [10] Имомов Шавкат – заведующей научно-исследовательского центра «Ресурсосберегающие техника и технология» Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства. г. Ташкент, Узбекистан.

#### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ

*Холикова Н., ТИИИМСХ, Узбекистан*

В настоящее время в мире производится более 50 млн. тонн технических смазочных материалов в год, уделяется большое внимание очистке использованного масла и приведению его в годное состояние с помощью разных технологий и методов. В связи с этим, разработка технологий и устройств, увеличивающих ресурсы использованных технических масел занимает ведущее место. «Эффективная организация переработки использованных технических масел, в среднем 15 млн. тонн в год, а также использование их в сельскохозяйственных и мелиоративных техниках широко распространена в мировой практике»<sup>1</sup>. Разработка в этой сфере энерго - ресурсосберегающих устройств, обеспечивающих очистку использованных и получение качественных масел для использования их в сельскохозяйственных технических средствах - считается одной из важных задач.

В мире проводятся целевые научно - исследовательские работы, направленные на совершенствование ресурсосберегающих устройств и технологий, выполняющих процесс очистки использованных масел. В этой сфере, в том числе осуществление разработки совершенной конструктивной схемы, очищающих использованные масла устройств, очистки масла от продуктов окисления и получения качественного переработанного масла, показателя температуры смеси, а также процесса испарения на основе ресурсосбережения имеет особое значение.

В нашей Республике осуществляются широкомасштабные мероприятия по восстановлению и очищению масел, использованных в сельскохозяйственном производстве, увеличению качества масел, использованных в технике и технологии сельского хозяйства. В стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2017 - 2021 годы в том числе определены задания по «Углублению структурных изменений и последовательного развития сельскохозяйственного производства, расширению производства чистых продукций по модернизации и ускоренного развития сельского хозяйства в приоритетных направлениях развития социальной сферы»<sup>1</sup>. В выполнении этих задач, в том числе разработка методов по получению высококачественного масла за счет технической и технологической модернизации устройств, качественно очищающих использованные масла от механических смесей, воды, органических веществ, окисляющихся продукций, считается одним из главных задач.

В мировой практике разработаны различные устройства для эффективного процесса восстановления использованных масел. Они рекомендованы конструкторским бюро для создания новых устройств.

Устройства, созданные в результате этих исследований, используются в сельском хозяйстве и в этом направлении были достигнуты в определенной степени, положительные результаты.

В этих работах проведены исследования по технологии и техническим средствам очистки использованного масла, а также по улучшению качества масел. Однако в этих вышеуказанных исследованиях задачи по разработке устройства, полностью очищающего использованные масла и обоснование параметров рабочих деталей, обеспечивающих его высокое качество не изучены в достаточной степени.

Относительный вес, вязкость, масленность, коксование, состав пепла и другие характеристики смазочных материалов являются индикаторами, которые определяют их качество. Загрязнение масла во время эксплуатации отрицательно сказывается на показателях работы машины.

Анализ показал, что механические добавки, содержащиеся маслах не более 0,2% -0,3%, приводят к сильному трению деталей цилиндропоршневой группы и кривошип-шатунного механизма. Остатки воды усиливают коррозию подшипников из свинцовой бронзы. Содержание масел в двигателе чрезвычайно ухудшается: подвергаются воздействию металла и воздуха; камера сгорания окажется под воздействием высокой температуры и давления; металлические частицы, минералы и органические вещества, обогащаются тяжелыми частицами и водой недожжённого

---

<sup>1</sup> <http://nrm.uz/contentf>

<sup>2</sup> Указ Президента Республики Узбекистан № УП 4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан»

топлива; увеличивается доля химических веществ, возникающих в результате химического изменения, т.е. распада, окисления и концентрации масла; и в результате неполного сгорания, окисления и частичного распада масла наблюдаются ожоги, сушка, осаждение осадка. При окислении масла образуются сложные органические кислоты, которые корродируют металлы.

Для очистки масел от продуктов окисления (от соединений из смольного асфальта) используются химические и физико-химические методы. Химическая очистка включает кислотные, щелочные методы и метод химической сушки, а физико-химическая очистка включает адсорбционные, ионообменные и селективные методы.

Селективный (выборочный) метод очистки масел является перспективным. Этот метод основан на селективном растворении соединений кислорода, серы и азота, короткоцепных полициклических углеводов. Селективные растворители включают фурфурол, фенол, нитробензол, различные спирты, ацетон и другие. После обработки масел селективным растворителем, полученную смесь можно разделить на две фазы: рафинад (чистое масло, которое содержит небольшое количество добавок растворителя) и экстракт (растворитель, содержащий в себе загрязнения). Целесообразно учитывать вышеуказанные факторы при создании эффективных технологий и устройств для очищения масел от продуктов окисления.

Известно, что условия полной очистки моторных масел от органических загрязнений определяются степенью прозрачности и уменьшения мутности. Естественно, что процесс диффузии происходит, когда моторные масла полностью очищаются от продуктов окисления.

Одной из важных задач является точно определить, в каких соотношениях моторные масла полностью насыщаются ацетоном. Во время построения соответствующей математической модели движение масел в достаточно концентрированной среде между твердыми частицами заменяется валовым потоком, который заполняет все пространство, что позволяет изучать процесс в рамках валовой среды.

Рассматривая нормальное столкновение частиц, опишем скорости ацетона и моторных масел  $\vec{V}_a$  и  $\vec{V}_m$ , массы частиц  $m_a$  и  $m_m$  следующим образом:

$$\begin{aligned}\vec{V}_a &= V_a \cos \alpha \pi \vec{i} + V_a \sin \alpha \pi \vec{j} \\ \vec{V}_m &= V_m \cos \alpha \pi \vec{i} - V_m \sin \alpha \pi \vec{j} \\ \vec{V}_a &= V_a \sin k \pi \vec{i} - V_m \cos k \pi \vec{j}\end{aligned}\quad (1)$$

где  $\vec{V}_a$  - скорость частиц ацетона, м/с;  $\vec{V}_m$  - скорость частиц моторной масла, м/с;  $k, i, j$  - единичные векторы, с/м.

Рассматривая форму бесконечно малых частиц виде сфер радиуса  $R_a$  и  $R_m$  и плотностей  $\rho_a$  и  $\rho_m$  масса ацетона и моторного масла выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned}m_a &= \frac{4\pi}{3} \rho_a R_a^3 \\ m_m &= \frac{4\pi}{3} \rho_m R_m^3\end{aligned}\quad (2)$$

где  $m_a$  - масса частиц ацетона, кг;  $m_m$  - масса частиц моторной масла, кг;  $\rho_a$  - плотность частиц ацетона;  $\rho_m$  - плотность частиц моторной масла;  $R_a$  - радиус частиц ацетона;  $R_m$  - радиус частиц моторной масла.

Учитывая, что взаимодействие между каждой жидкостью и воздушными частицами не влияет на столкновение смежных частиц, дается следующее выражение для  $\vec{u}_a$  вектора скорости жидкой частицы:

$$\vec{u}_a = \frac{\left(1 - \kappa \frac{m_a}{m_m}\right) \vec{V}_m + (1 + \kappa) \frac{m_a}{m_m} \vec{V}_a}{1 + \frac{m_a}{m_m}} \quad (3)$$

где  $\vec{u}_a$  - скорость смеси параллельный к оси  $x$ , м/с;  $\kappa$  - коэффициент поглощаемость ацетона и моторной масла, с/м;  $m_a$  - масса частиц ацетона, кг;  $m_m$  - масса частиц моторной масла, кг;  $\vec{V}_a$  - скорость частиц ацетона, м/с;  $\vec{V}_m$  - скорость частиц моторной масла, м/с.

Вычисление скорости частоты потока жидкости:

$$V = 2\sqrt{\frac{\omega^2 r \delta(r)}{\chi^2}} = 2\sqrt{\frac{\omega^2 r}{\chi^2} (\delta(r) - z)} \quad (4)$$

где  $V$  - скорость смеси параллельный к оси  $y$ , м/с;  $\omega$  - угловая скорость выращающая частиц смеси, м/с;  $\delta(r)$  - толщина пограничного слоя, см;

Секундный расход потока в пограничной зоне с толщиной  $\delta(r)$  определяется из следующего уравнения:

$$Q = 2\pi r \int_0^{\delta(r)} V dz \quad (5)$$

где  $Q$  - расход смеси;  $2\pi r$  - длина окружности;  $V$  - скорость смеси, м/с;

$\delta(r)$  - толщина пограничного слоя, см.

Используя выражение (4) и (5), находим расход жидкой смеси на пленке:

$$Q = \frac{2l\pi}{3} \sqrt{\frac{\omega^2 (r\delta(r))^{3/2}}{\chi^2}} = \frac{2\pi l}{3} \sqrt{\frac{\omega^2 R_0^6}{\chi^2}}; \quad Q_{ж} = \frac{2\pi l \omega R_0^3}{3\chi} \sqrt{r^3 \delta^3(r)}$$

$$Q = \left( \frac{3Q}{2\pi l \omega R_0^3} \right)^{2/3} = r \delta(r)$$

Толщина смазочной пленки:

$$\delta(r) = \frac{1}{r} \left( \frac{3Q_{см} \chi}{2\pi l \omega R_0^3} \right)^{2/3} \quad (6)$$

где  $\delta(r)$  -  $\delta(r)$  - толщина пограничного слоя, см;  $Q$  - расход смеси;  $2\pi r$  - длина окружности;  $\omega$  - угловая скорость выращающая частиц смеси, м/с;  $R_0$  - радиус скорости смеси;  $l$  - трубулент.

Эти выражения лежат в зоне от ламинарного движения потока до турбулентной зоны. Рассмотрим турбулентный поток пропеллера, (пропеллер-это смеситель устройств) когда число Рейнольдса

$$Re > 10^5.$$

При сильном турбулентном потоке, используется формула И. П. Саткеевича для длины смешивания:

$$l_r = \chi \sqrt{z} (\delta(r) - z)$$

Для секундного расхода в интегрированной граничной области смеси получим следующее выражение:

$$Q = \frac{2\pi \vec{\omega} R_0^3}{\chi} r^{3/2} I_0 \delta(r) \quad (7)$$

В этом случае,

$$I_0 = \pi .$$

Расчеты показывают, что поверхностная прочность на разрыв текучей среды в ламинарном режиме слабее, чем в турбулентном режиме, что означает, что поток обтекая пропеллер отрицательно влияет на утечку.

Научная значимость результатов исследования обусловлена тем, что разработано устройство, которое добавляя ацетон в использованное масло смешивает, нагревает, остудить, выпаривает, а полученные уравнения, обуславливающие зависимость энергетических показателей от их параметров.

Практическая значимость результатов исследований обуславливается тем, что очистка использованного масла разработанным устройством приводит к уменьшению его расхода и увеличению ресурса техники, за счет использования очищенных масел в гидросистемах и в двигателях мелиоративных машин.

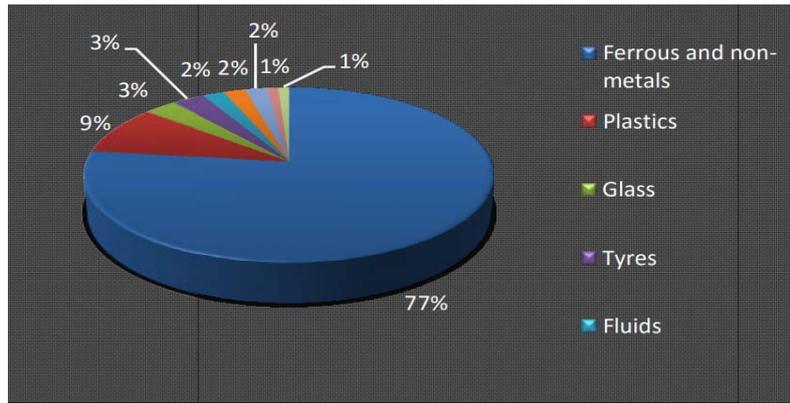
## THE PRODUCTION OF PAINTED AUTO DETAILS: THE ECOLOGICAL ASPECT IN THE CLIMATIC CONDITION IN UZBEKISTAN

*Abdullaeva Oyimchakhon, Saidov Abdulla*

*Turin Politechnic University in Tashkent*

### Abstract.

In this article, we study about the production of painted auto details and the ecological aspect in the climatic condition in our country. As new vehicles are being developed to be more fuel-efficient and less emitting during their operation, the environment burden of the manufacturing phase becomes proportionately more significant. Also materials technology is vital to industrial competitiveness, energy security, sustainability and innovation across all sectors, including automobile industry. That is why more extracted waste from automobile industries and we should do utilize from extracted waste



**Figure1. Average breakdown of materials present in vehicles**

Unfortunately, there are various negative implications for the environment that occurred in developed countries and are about to be replicated in the developing countries like: air pollution in urban center, congestions, etc.

A significant portion of industry and transportation is based on the burning of fossil fuels, such as gasoline. As these fuels are burned, chemicals and particulate matter are released into the atmosphere. Although a vast number of substances contribute to air pollution, the most common are carbon, sulfur, and nitrogen. These chemicals interact with one another and with ultraviolet radiation in sunlight in various dangerous ways.

## **2.Processes of producing auto details and advanced materials.**

There is an automobile industry in our country which is named "GM Uzbekistan". One of the main part is "Uz-Koram Co" which is produces amount of auto parts are made from plastics. For instance such as front and rear bumpers, door handles, in-panels, wheel covers, mirror covers, spoilers, tail gate handles, dashboards, instrument panels, etc. And these all produced details are painted at 'Uz-Koram Co. For the beauty and safety of domestic cars in Uzbekistan responsible company "Uz- Koram Co". "Uz-Koram Co" was established on May 30, 1995, by order of the Republic of Uzbekistan ¼ 191 KM as Uzbek-Korean joint venture in order to localize the production of large size component parts of plastic components for the automotive industry created the Republic of Uzbekistan.

With the start of mass production of "Uz-Koram Company" became the first enterprise in Central Asia, producing large plastic parts for cars. In the initial phase of production volume was 80 thousand car sets per year.

The car manufacturing process is very complex and involves several stages. The paint process in particular is not only complex, but capially intensive at the same time. A substantial amount of energy and material use is involved in applying the paint to a vehicle and the process generates considerable emissions to air, water and land. Three unit processes represent the majority of environmental impacts: Pretreatment, electro-coat and topcoat. After painting processes extracted waste and utilization it. It is very hazardous and harmful aspects to Ecology and the major environmental concerns in the 21st century are: atmospheric pollution, scarcity of freshwater, raw material and land availability.

Environmental impacts associated with automotive paint processes include releases to air, wastewater, land. Some volatile organic compounds (VOCs) may also be hazardous air pollutants.

Figure 2. painting process .

### 3.Advanced Materials in Automobile Painting



In today's modern world there has been immense developments in most aspect of manufacturing processes ranging from production and assembly. However, when it comes to painting and coating there is still room for improvement. The work also studies the applications of advanced materials, which are smart materials, programmable matter and dry/powder paints, in automobile painting. Furthermore, it compares standard paints with advanced materials weighing their advantages and disadvantages. As well as proposing possible further functions of paint besides simply giving an esthetic view to vehicles such as self-recovery and self-coloring which is a base for creating and applying these features of paints in the long run. Advanced materials are designed materials that have one or more properties that can be significantly changed in a controlled fashion by external stimuli, such as stress, temperature, moisture, pH, electric or magnetic fields regarding to automobile painting.

Advanced materials have properties that react to changes in their environment. This means that one of their properties can be changed by an external condition, such as temperature, light, pressure or electricity. This change is reversible and can be repeated many times. There are a wide range of different smart materials. Each offer different properties that can be changed. Some materials are very good indeed and cover a huge range of the scales.

The underlying challenge is to characterize processes at an increasingly localized scale to enable prediction and manipulation of macroscopic behavior and the production of materials and systems with managed properties.

There are a number of types of smart material, some of which are already common. Some examples are as following:

- Piezoelectric materials are materials that produce a voltage when stress is applied. Since this effect also applies in the reverse manner, a voltage across the sample will produce stress within the sample. Suitably designed structures made from these materials can therefore be made that bend, expand or contract when a voltage is applied.

- Shape-memory alloys and shape-memory polymers are materials in which large deformation can be induced and recovered through temperature changes or stress changes (pseudoelasticity). The shape memory effect results due to respectively martensitic phase change and induced elasticity at higher temperatures.

- Magnetostrictive materials exhibit change in shape under the influence of magnetic field and also exhibit change in their magnetization under the influence of mechanical stress.

- Magnetic shape memory alloys are materials that change their shape in response to a significant change in the magnetic field.
- Smart inorganic polymers showing tunable and responsive properties.
- Temperature-responsive polymers are materials which undergo changes upon temperature.
- Halochromic materials are commonly used materials that change their colour as a result of changing acidity. One suggested application is for paints that can change colour to indicate corrosion in the metal underneath them.
- Chromogenic systems change colour in response to electrical, optical or thermal changes. These include electrochromic materials, which change their colour or opacity on the application of a voltage (e.g., liquid crystal displays), thermochromic materials change in colour depending on their temperature, and photochromic materials, which change colour in response to light—for example, light sensitive sunglasses that darken when exposed to bright sunlight.

#### 4. Waste management in climatic conditions and briquettes are one of the solution .

Waste management is one of the most emerging issues all over the world. This is because of the large amount of waste that is being generated daily and the impact of such waste is hazardous for the environment and living beings. Waste management has at least five types of impacts on climate change, attributable to: (1) landfill methane emissions; (2) reduction in industrial energy use and emissions due to recycling and waste reduction; (3) energy recovery from waste; (4) carbon sequestration in forests due to decreased demand for virgin paper; and (5) energy used in long-distance transport of waste.

One of the main problems is that as reserves of carbon raw materials are decreasing, as the deposits are depleted, energy carriers are getting harder to extract, while the environment is being damaged and the price of these natural sources of energy is increasing. Another problem is the accumulation of a huge amount of waste and consumption at landfills, the oil refineries accumulate a large amount of production waste, such as oil sludge, which are sold at low prices.

Waste management is the organized way of managing the waste through pathways to guarantee that they are disposed off with attention to least negative impact to the environment. With the rapidly increasing volume of vehicles, there is a parallel need to increase waste management initiatives by governments across the world and also of modern facilities for reuse and recycling of waste materials like metal, solvents, batteries, plastics etc. when the vehicle reaches its end of life. Waste recycling can help eliminate and thus minimize wastes. Waste generated in the process of painting, after passing phase neutralization accumulate at the site of enterprises , occupying useful area and harming the environment .For prolonged storage , decomposing , can emit toxic gases. Their volume at LLC “Uz-Koram Co” is about 80-250 tons per year. As we know, there are many processes in the painting shop. But three processes, priming, painting and varnishing of details are enough to us for learn about how to extract wastes. Wastes after these three processes go to the sludge storage by pipes. And workers put or add two types of substances, which are neutralizator and coagulator. Neutralizator separates sludge from water. And coagulator combines to do together sludge. So, after this process take all sludge, dried and crumbled.



Figure3. dried and crumbled waste.

Disposal of industrial waste requires large financial and energy investments. Abroad are usually built or mill for processing industrial waste, but posed the problem is not completely solved because of impossibility of 100% recycling of waste and additional load on the environment.

Increasing production of vehicles is the key driver for the growth of automobile market. The production of automobiles results in generation of waste materials; these waste materials are recycled by many manufacturers as it helps to resolve supply shortage during the manufacturing process.

If we do not manage wastes on time, we have problems which is dangerous for our health, environment, ecology by reason our climatic conditions.

Firstly, if we do not burn extracted waste from painting, in a cold weather we can not save land. It will become ice and wastes will occupy so many hectares.

Secondly, in a hot weather it will be more harmful for human health, global warming and ozone layer depletion than cold weather. Because when weather is hot wastes are melt and it pervades harmful gases, substances etc. to our nature and to global problems.

Even we can not recycle wastes 100%, we can use for improving energy efficiency from wastes. How can we use from waste? We should add some substances and prepare fuel briquettes from it. If we burn prepared briquettes in incinerator. It is just use for utilization of wastes. We can not take energy saving. We should burn briquettes like a coal and we improve energy efficiency. It is the one of the solution of pollutions.

At present, special attention is paid to energy saving. The decree № 28 (580) of the Cabinet of Ministers noted in 15 November 2013 year the need for development aimed at the creation of briquettes as an additional measure to ensure consumers of fuel and energy resources. At the same time, processing and utilization of technical wastes are important not only in terms of their use as an alternative source of raw materials, but also in terms of environmental protection.

## **5. Technology of prepare fuel briquette**

### **5.1 Technology of utilization of waste in the painting process, Incinerator.**

Wastes from the manufacture, LLC "Uz-Koram Co" have changeable density, porosity and chemical composition. Out at this stage of research and development of technology for production of fuel briquettes using waste Ltd. "Uz-Koram Co" high porosity and density of 1.0-1.5 g / cm<sup>3</sup>.

Formulations have been developed fuel briquettes with different concentrations of waste LLC "Uz-Koram Co", additives and ligaments in based on local raw materials. Compositions prepared with high temperature burning and combustion temperature, which can significantly reduce the emission into the atmosphere of the solid phase and the CO content. Two samples were transferred to the customer. Studied samples of fuel briquettes. On the basis of the research was obtained from the use of the optimal composition of the bunch on the basis of local raw materials and installed:

- briquettes have optimal strength;
- is based on a bunch of local raw materials without the use of high pressures;
- ignition temperature ranges from 400-500 ° C;
- the duration of combustion of the sample 7 g of about 7 min.

In the future, in order to reduce used bundles supposed to prepare a series of laboratory samples using pressing at different pressures and conduct comparative tests to determine the physical characteristics (temperature combustion, combustion time count of the heat of combustion, the strength characteristics, etc.). Prepare and submit a series of laboratory samples of fuel briquettes for testing at JSC "Uz-Koram Co".

The main technological complexity in the processing - obtaining the necessary fractional composition, briquetting. To obtain a commercial product suitable for placing on the market of secondary raw materials, briquettes must meet several requirements:

- will not contain harmful impurities elements beyond the maximum level;

- have sufficient strength for their subsequent transport;
- maintain its strength when wet during transportation;
- have a strength at high temperatures;
- have a uniform chemical composition;
- have a uniform linear dimensions of the pieces - have a cost price that is comparable to traditional.

## Incinerator

Fuel briquettes are used as a solid fuel for fireplaces and stoves of all kinds, including solid fuel boilers heating systems. Since briquettes eco-friendly product and burn virtually smokeless, ideal to use them for home heating, baths, tents, greenhouses, vegetable, ditches, etc.

The main factors hindering the development is currently briquetting is the lack of affordable, environmentally sound, technologically advanced and economical binders. For this reason, for many years all over the place and constantly being sought various options of individual or combined binder for fuel briquettes, which resulted in expanding their range.

Incineration is a waste treatment process that involves the combustion of organic substances contained in waste materials. Incineration and other high-temperature waste treatment systems are described as “thermal treatment”. Incineration of waste materials converts the waste into ash, flue gas, and heat.



Figure 4. Incinerator

The ash is mostly formed by the inorganic constituents of the waste, and may take the form of solid lumps or particulates carried by the flue gas. The flue gases must be cleaned of gaseous and particulate pollutants before they are dispersed into the atmosphere. In some cases, the heat generated by incineration can be used to generate electric power. Incineration with energy recovery is one of several waste-to-energy technologies such as gasification, pyrolysis and anaerobic digestion. While incineration and gasification technologies are similar in principle, the energy product from incineration and gasification technologies are similar principle, the energy product from incineration is high-temperature heat whereas combustible gas is often the main energy product from gasification. Incineration and gasification may also be implemented without energy and materials recovery. In several countries, there are still concerns from experts and local communities about the environmental impact of incinerators.

### 5.2.The way of prepare fuel briquette

A cement is a binder, a substance that sets and hardens and can bind other materials together. Liquid glass or soluble glass, colorless, transparent, glass like substance available commercially as a powder or as a transparent, viscous solution in water. Chemically it is sodium silicate, potassium silicate,

or a mixture of these. Liquid glass is very soluble in water, but the glassy solid dissolved slowly, even in boiling water.



**Figure 5. The way of prepare briquette**

### 5.3. Combustion of the fuel briquette and produce thermal energy

Combustion is the reaction of substances with oxygen, with the evolution of heat and light. The combustion of organic materials are often free radical chain reactions, which can usually be summarized as the oxidation of carbon content of the material to form its oxides and the oxidation of hydrogen to form water.

If wastes of auto paint are organics, they can become fuel and be destroyed through combustion. Combustion is an oxidation process, at high temperature, with a rather high energy generation.



**Figure 6. Combustion of the fuel briquette.**

An installation created in accordance with GOST 12.1.044-89 fires explosive substances and materials.

The room temperature is 21 ° C Relative humidity 55% Atmospheric pressure of 101 kPa The furnace power 1500W

Pattern: solid waste paints car paint shop and synthesized samples (N1, N2) - tablets of 50 mm diameter, 12 mm height

Condition	The initial sample waste LMC	sample №1 Grey, the particle size of 5 mm	sample №2 Grey, the particle size of 1 mm
	Ignition	temperature	Of the samples, °C
Maintaining the temperature inside the oven 615 °C	615	Not lit	Not lit
Maintaining the temperature inside the oven 655 °C	Lit	655	Not lit
Maintaining the temperature inside the oven 715 °C	Lit	Lit	715

Note: after the introduction into the furnace at a certain temperature began to burn through the sample for 10 seconds, then removed the samples from the furnace. They continued to burn poorly and had gone out in 2-3 minutes.

CONCLUSION: All of the tested samples are non-combustible according to GOST 12.1.044-89 Fires Explosive substances and materials.

## Conclusion

The main purpose of "Uz-Koram Co" is producing high quality product and satisfaction of customer. Studying this work I have learned about wastes of after painting process and prepare fuel briquette from it and produce thermal energy at "Uz-Koram Co" and it has given to me knowledge and skills in this field.

In addition, in this company also utilization of extracted wastes from the painting shop for improved energy efficiency. Prepared briquettes burn very good. But when these briquettes are burning and exhaust gas is may harmful and hazardous for us. That is why we should burn in incinerator. Incinerators have different and more good efficiency filters. Filters take all microorganisms. When our briquettes burn, produce 4600-6000 kcal/kg or 19246.4-25104 kJ/kg or 19.25-25.1 MJ/kg. It is good energy efficiency. 1 calorie = 4.184 joule.

As we can see it is the work which is the solution for waste management in climatic condition, this is mutually beneficial and protect the environment, prevent the choice of a multitude of pollution. and it can be useful for our environment also for energy efficiency.

## References:

- [1] Способ получения брикетного твердого топлива из отхода лакокрасочных материалов (ЛКМ), Новоселова С.Н.; Саидов А.А.; Султонов Б.Х.; Халтораев Б.Т.; Шарипов К.А. Патент РУз № IAP 05505 ( зар. в госреестре изобр. От 07.11.2017, опуб. 29.12.2017.Бюл.,№12).
- [2] Method for producing briquetted solid fuel from waste paint and varnish materials. (Google scholar.
- [3] d. Ullakko, K. "Magnetically controlled shape memory alloys: A new class of actuator materials". Journal of Materials Engineering and Performance
- [4] <http://www.smartranger.net/index.cfm?&menuid=35&parentid=25>
- [5] Final work of master student Khudoykulov Sh. Utilization of waste extracted from the painting shop for improving energy efficiency of the manufacturing at "Uz-Koram CO" Turin Polytechnic University in Tashkent.
- [6] Foundation of Material Science and Engineering by Smith and Hashemi.
- [7] Lubimov C.D. Patent 2109797 "Composition for briquetted fuel"

# DETERMINATION OF PROBLEMS AND CORRELATIONS EMERGENCY RESPONSE SYSTEM (ERA-GLONASS) FOR CARS AND TRUCKS IN UZBEKISTAN

*Kongratbay Sharipov, Dr. Jamshid Inoyatkhodjaev, Akmal Rustamov*

*{a.rustamov@polito.uz2, j.inoyatkhodjaev@polito.uz, k.sharipov@polito.uz}*

*Turin Polytechnic University in Tashkent, Kichik Halqa Yuli str. 17 - Tashkent 100095, Uzbekistan. Phone: +998 71 246 70 82*

## Abstract:

The paper addresses the problem of increasing transportation safety due to usage of new possibilities provided by modern technologies. The proposed approach extends such systems as ERA-GLONASS and e Call via service network composition enabling not only transmitting additional information but also information fusion for defining required emergency means as well as planning for a whole emergency response operation. The main idea of the approach is to model the cyber physical human system components by sets of services representing them. The services are provided with the capability of self- contextualization to autonomously adapt their behaviors to the context of the car-driver system. The approach is illustrated via an accident emergency situation response scenario. In this work intended to add some information about applying system project in Uzbek Roads especially mountain regions like "Kamchik" pass. The Kamchik Pass is a high mountain pass at an elevation of 2.306m above the sea level, located in the Qurama Mountains in eastern Uzbekistan and its length is about 88km. The road to reach the pass is asphalted, but there are rough sections where the asphalt has disappeared. It's called A373. The old road over the pass was by passed by a tunnel built in 1999. On the horizon the snow-capped peaks of the Fan Mountains come into view. The pass is located in the Fergana Valley between the Tashkent and Namangan Regions.

*Key words: Safety, Simulate Mechatronic Systems, ERA-GLONASS, e-Call.*

## Introduction:

Modern technologies offer a great amount of possibilities in developing various systems for transportation safety. For example, Russian project Government Accident Emergency Response System ERA-GLONASS is aimed at utilizing GLONASS technology for enhancing transportation safety via automated transmission of information about the distressed vehicle, including its exact location coordinates, to the regional Emergency Response Center. The similar European project is called e-Call<sup>3</sup>.

In this paper an approach is proposed, which extends such systems via service network composition enabling not only transmitting additional information but also information fusion for defining required emergency means as well as planning for a whole emergency response operation. The approach is based on the concept of cyber physical human systems, which not only tightly integrate physical systems and cyber (IT) systems but also involve humans based on interaction between all these in real time. The term "Cyber Physical Systems" is also often referred to as "The Internet-of Things" or similar. It is oriented to domain independent architectures and technologies for supporting cyber-physical artifacts and networks. Context-aware CPSs open the avenue towards new kinds of information services by exploiting the ability of physical systems to provide context information in a quality so far not available. Context is any information that can be used to characterize the situation of the considered entity where an entity is a person, place, or object that is considered relevant to the interaction between a user (driver) and a system (service network), including the user and system themselves. The context is purposed to represent only relevant information and knowledge from the large amount of those. Relevance of information and knowledge is evaluated on a basis how they are related to a modeling of an ad hoc problem. The context is represented in terms of the service's internal ontology. It is updated depending on the information from the environment and as a result of the service's activity in the community. The context updates the parametric knowledge, which in turn defines the behavior of the service. The ability of a system (service network) to describe, use and adapt its behavior to its context is referred to as self-contextualization.

---

<sup>2</sup> All questions and responds belong to this author

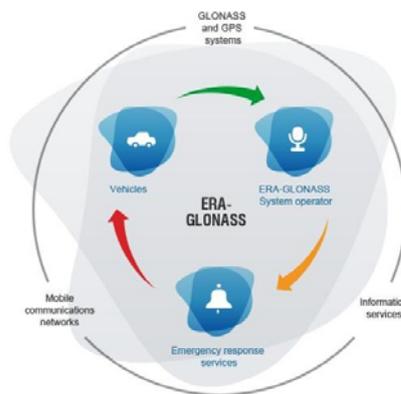
<sup>3</sup> GOST R 54618-2011: 'Global navigation satellite system. Road accident emergency response system. Compliance test methods for electromagnetic compatibility, environmental and mechanical resistance requirements of In-Vehicle Emergency Call System'.

The presented approach exploits the idea of self-contextualization to autonomously adapt behaviors of multiple services to the context of the car- driver system in order to provide support according to this context and to propose context-based decisions. For this reason, a conceptual model enabling context-awareness and context-adaptability of the service has been developed.

### The infrastructure for the operation of the system.

ERA-GLONASS is a service provided in the Russian Federation with the goal of reducing response times for accidents or other emergencies on the roadways. The Russian government has enacted a law requiring integrated ERA modules on all new automobile models. ERA is harmonized with the European e Call system. It uses the same principals and protocols, but provides further features like a redundant channel (SMS) or additional data services. ERA GLONASS is a manually or automatically actuated emergency service, which is available 24 hours a day, seven days a week.

Emergency centers provide assistance and information during an emergency. In case of an accident with activation of airbags or belt tensioners, an emergency call is placed automatically. An immediate connection with an advisor will be established who will check whether help is needed.



Picture 1. Availability of the emergency centers and the infrastructure<sup>4</sup>

The service is only available for markets, where it depends on the availability of the emergency centers and the infrastructure in the country. The infrastructure for the operation of the system can be divided into 3 main parts:

1. Emergency service devices installed in cars (according to the e Call standard, these devices are called IVS-In Vehicle System) and collecting and transmitting data from the Car
2. Mobile infrastructure, in fact , a single virtual cellular communication operator (MVNO), based not on one, but immediately on all real mobile operators. Thus, in the case of an emergency call, it is sufficient to cover any of the mobile operators operating on the territory of the Russian Federation, which in turn substantially increases the coverage of the system. Also, in order to provide the maximum coverage, the usual GSM is chosen as the reference technology for data transmission.
3. The Call Reception and Processing Infrastructure (by e Call – PSAP – Public Safety Answering Point), which is a large call center for receiving and processing calls.

In order to be available and operational, the system requires functioning vehicle electrics, mobile service and GLONASS satellite link. Depending on equipment, a backup battery is used. e Call and ERA-GLONASS are a European, respectively Russian initiative to combine mobile communications and satellite positioning to provide rapid assistance to motorists in the case of a collision. The systems, the first based on GPS the latter on GLONASS, monitor in-vehicle sensors for such events as airbag deployment to automatically transmit location details and summon assistance via emergency cellular

<sup>4</sup> Wikipedia: <https://en.wikipedia.org/wiki/GLONASS>

service. The motivation for this system is the reduction of the consequence of road accidents in Russia and other countries in the world.

Working principles: When activated, the in-vehicle systems automatically initiate an emergency call carrying both voice and data (including location data) directly to the nearest Public Answering Point to determine whether rescue services should be dispatched to the known position of the car.

ERA-GLONASS in-vehicle systems consist of several components, including an in-band modem with antenna (such as for GSM or UMTS) for sending the emergency call, a GNSS receiver for determining the accident location, crash sensors for detecting the accident, a microphone and loudspeaker for voice communications, an emergency power supply and a pushbutton for manual activation. As a safety system, the in-band modems must be highly reliable and correctly transmit MSD data. This is particularly critical in cellular networks optimized for voice transmissions such as GSM or WCDMA. The core functionality of the system is an embedded computer that continuously monitors crash sensors and satellite positioning receiver in order to initiate an automated data and full duplex voice call via a dedicated wireless modem (e.g. GSM,UMTS) in case of an emergency condition. In-band modem capability, the ability to transmit data over the voice channel, is a key requirement for the system. As a matter of fact, inside the car there is an ordinary mobile phone which, when the airbags are activated, automatically makes a call and "informs the operator about what happened" and that's where the main technological "chip" of the ERA-GLONASS system and e Call: tonal modem lies. Since the system was originally designed to work in places where there may be no mobile Internet connection (even GPRS is not always available), a protocol was invented that allows anyway to transfer a small amount of emergency data called the Minimum Data Set (MND).



Picture 2. Installation process of Radio asm-am/fm stereo & audio disc player 92199291 is replaced radio with p/no. 42356100<sup>5</sup>

The essence of this protocol is that all the data transfer occurs inside the GSM Voice Channel, almost like Dial Up modems in the mid-2000s, but more jam-resistant, with support for time synchronization and ARQ. The figure below shows the time signature of the signal transmitted from the IVS and from the PSAP signal (inside the voice channel). The vehicle is equipped with ERA-GLONASS navigation communication terminal. In case of an accident the terminal automatically makes an emergency call, which becomes a priority of an available mobile network and is transferred to ERA-GLONASS system. In case of an accident or other emergency the driver or the passenger can make the call themselves by pushing the SOS button. Information about the exact location, time and severity of an accident, as well as VIN of the vehicle is being reported. After false calls screening by the ERA-GLONASS call-center operator, the calls needing response along with the data on the accident are transferred to 112 system or the MIA call-center, where they efficiently initiate and coordinate the response of emergency services, using that information. In order to ensure reliability of ERA-GLONASS, there is the back-up system for all elements. In our country" GM Uzbekistan" (General Motors) factory currently most of the Cars equipped with ERA-GLONASS modules "J200 GMUZ ERA GLONASS Development".

---

<sup>5</sup> References from "GM UZBEKISTAN Alliance" JSV, Educational Department.

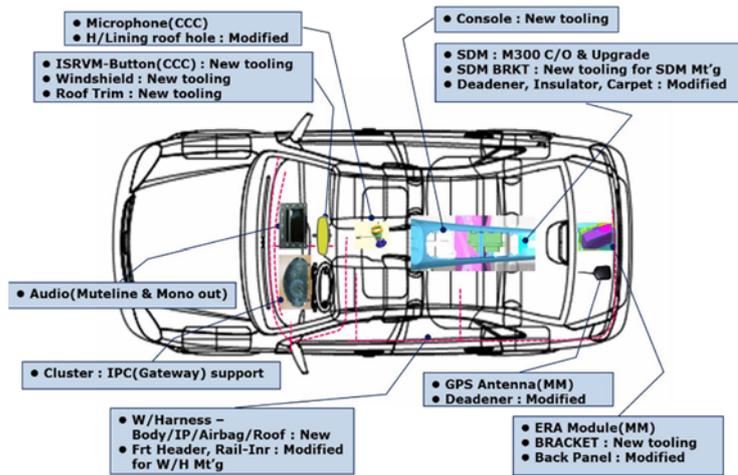


Photo 3. Cars equipped with ERA-GLONASS modules “J200 GMUZ ERA GLONASS Development”<sup>6</sup>

All the parts of ERA module is equipping to the cars shown in this picture. There are can be some changes according to the internal facilities of the cars For example most of the cars Nowadays in GM(General Motors) factory All the cars except Matiz are equipped with ERA Modules.



Picture 3. Installation process of Module asm-comn interface and nut communication interface is new added era-module with p/no. 94537398<sup>7</sup>



<sup>6</sup> References from “GM UZBEKISTAN Alliance” JSV, Educational Department.

<sup>7</sup> References from “GM UZBEKISTAN Alliance” JSV, Educational Department.

#### Picture 4. Installation process of Nut is fixed with era –module(w/t bracket) to rear side closers p/no. 11546364(3 e/a).t/q:80nm

The parts that cars equipped in GM Uzbekistan factory are made one of Italian company which is located in France. According to some facts the module itself costs around \$300. Since 2016 in order to export our cars to Russian Federation and other countries like Kazakhstan and others.

The CMW simulates the cellular network and provides a GSM (2G) or WCDMA (3G) cell. Via the RF connection to the IVS the signaling (e.g. call setup) over GSM or WCDMA as well as the voice connection takes place. The SMBV supplies simulated GNSS signals, such as GLONASS and or GPS, that are used by the IVS for positioning. The CMW-KA095 (which needs the CMW-KA094) software installed on an external PC simulates the PSAP, sets necessary parameters for ERA-GLONASS on the CMW, and fully remote controls the CMW. It also remote controls the SMBV. It is not necessary here to delve into the operation of the CMW or the SMBV. The audio signal transported via the GSM or WCDMA connection is routed via a digital SPDIF interface to/from an external sound card. The ERA-GLONASS protocol and the MSD transmission are also handled via the voice connection between the CMW and the IVS. The end-to-end conformance test runs between the PSAP simulator installed on the external PC and the IVS under test.

The CMW is the all-in-one test solution for radio communications applications such as mobile radio or wireless connectivity. It supports all essential standards, including:

- 2G
- GSM, EGPRS, EGPRS2, EGDE Evolution and VAMOS 3G
- W-CDMA with HSDPA, HSUPA and HSPA+
- TD-SCDMA
- CDMA2000 and 1xEV-DO Rev A/B 4G
- LTE (FDD and TDD), LTE-A incl. MIMO
- Wireless Connectivity
- Bluetooth
- WLAN
- WiMAX

The CMW tests all OSI layers, ranging from the physical layer to end-to-end tests, including both RF tests and protocol tests. The additional packet data channels can be tested with the CMW standalone without the ERA-GLONASS software KA095. In its role as signal generator, the SMBV supports various wireless communications standards as well as other radio standards. It serves as a specialist for GNSS signals and generates the GNSS signals for ERA-GLONASS.

#### Conclusion

In these days country due to not availability of ERA-GLONASS project in our roads our drivers are suffering from while they are in crash or staying in a suburban regions like deserts and mountain regions. In Russian Federation(ERA-GLONASS) and in European countries (eCall system) all the cars are equipped with GLONASS modules and by applying this kind of projects according to some statistics thousands of people lives are saving. Another interesting point which using this project in Uzbekistan around 10.000 illnesses people (Invalids) will be able to go outside in the streets without any difficulties. Moreover, "ERA-GLONASS" at the request of car owners can be used to provide a range of additional services related to navigation, information exchange for security purposes road traffic, remote diagnostics of vehicles, etc. another advantage of ERA- GLONASS system is solving a problems of real-time transmission and application of the grain logistics vehicle information, the grain logistics vehicle information collection can be realized by means of GPS, SMS and windows service. And the management and application of the grain logistics vehicle information can be realized in virtue of the platform of management

information system and the geographic information system. Test results show that the grain logistics information can be managed and monitored conveniently and effectively with this method.

### **Bibliography:**

- [1] References from "GM UZBEKISTAN Alliance" JSV, Educational Department.
- [2] Wikipedia: <https://en.wikipedia.org/wiki/GLONASS>
- [3] Context-Aware Service Composition in Cyber Physical Human System for Transportation Safety, Alexander Smirnov, Alexey Kashevnik, Nikolay Shilov
- [4] Laboratory of Computer Aided Integrated Systems St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences (SPIIRAS), 2015
- [5] ERA-GLONASS project: Experience ,Challenge and Prospect. Evgeni Melikhov. Phd,2016
- [6] The International Journal of Logistics Management Positioning the Role of Collaborative Planning in Grocery Supply Chains Mark Barratt,2015
- [7] Interoperability of e Call and ERA-GLONASS in-vehicle emergency call systems. Risto Öörni , Evgeni Meilikhov, Timo Olavi Korhonen,2015
- [8] GOST R 54620-2011: 'Global navigation satellite system. Road accident emergency response system. In-vehicle emergency call system. General technical requirements'.
- [9] GOST R 54721-2011: 'Global navigation satellite system. Road accident emergency response system. Base service description'.
- [10] GOST R 54618-2011: 'Global navigation satellite system. Road accident emergency response system. Compliance test methods for electromagnetic compatibility, environmental and mechanical resistance requirements of In-Vehicle Emergency Call System'.
- [11] GOST R 54619-2011: 'Global navigation satellite system. Road accident emergency response system. Protocol of Data Transmission from In-Vehicle Emergency Call System to Emergency Response System Infrastructure'.
- [12] Zazhigalkin, A.: 'Implementation of Global Satellite Navigation System (GLONASS) for In-Vehicle Emergency Call Systems: Status and Further Development', presentation at 159th UNECE WP29 meeting. Available at <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2013/wp29/WP29-159-22e.pdf>, accessed 24th December 2013
- [13] Resolution of the Government of the Russian Federation of November 21, 2011 N 958 "On the system of providing call emergency services on a single number" 112 "
- [14] Technical regulation on safety of wheeled vehicles , as approved by the Government of the Russian Federation of September 10, 2009 N 720
- [15] Government Decree of December 31, 2004 N 894 "On approval of the list of emergency services, which call around the clock and free the operator is obliged to provide to the users of telecommunications services, and the appointment of a single number callemergency services".