

Импакт-фактор  
РИНЦ – 0,270

Подписной индекс – 76129

Адрес редакции:  
Республика Казахстан,  
140008, г. Павлодар,  
ул. Ломова, 64.  
Тел.: (7182) 67-36-69  
e-mail: kereku@psu.kz  
www.vestnik.psu.kz

## МАЗМҰНЫ

<b>Омаров Ж. М., Жолдыбаев Ш. С., Жандалинова К. А., Оразова Д. К.</b> Құрылыс саласында композитті материалдарды пайдалану.....	7
<b>Волкова Л. Ю.</b> Күштік диагноз дизельді сұйықтықты отынның үстіне қою дайындаудан.....	17
<b>Певнев Н. Г., Василенко Э. Р., Макушев Ю. П.</b> Автомобиль баллонынан төгу уақытын анықтау мақсатында сұйытылған көмірсутек газының жай-күйінің параметрлерін зерттеу.....	29
<b>Такібай Ш. Т., Саканов К. Т., Данзандорж С.</b> Газ бетонның құрылымы мен беріктігін қалыптастыру үшін ЖЭС күлінің әр түрлі астық құрамының әсері.....	42
<b>Зарипов Р. Ю., Ивашко В. С., Сембаев Н. С., Алина Е. А., Хайриден А. Е.</b> Қаланың көлік жүйесіне электробустарды енгізу мәселесі.....	50

Абишев Кайратолла Кайроллинович – к.т.н., профессор (главный редактор);  
Касенов Асылбек Жумабекович – к.т.н., профессор (заместитель  
главного редактора);  
Мусина Жанара Керейовна – к.т.н., профессор(ответственный секретарь);  
Шокубаева Зауреш Жанатовна – технический редактор.

### Члены редакционной коллегии:

Гумаров Гали Сагингалиевич – д.т.н., профессор (Уральск, Казахстан);  
Калиакпаров Алтай Гиндуллинович – д.т.н., профессор (Нур-Султан, Казахстан);  
Клецель Марк Яковлевич – д.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);  
Украинец Виталий Николаевич – д.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);  
Шеров Карибек Тагаевич – д.т.н., профессор (Караганды, Казахстан);

### Зарубежные члены редакционной коллегии:

Baigang Sun – профессор (Пекин, Китай);  
Gabriele Comodi – PhD, профессор (Анкона, Италия);  
Jianhui Zhao – профессор (Харбин, Китай);  
Khamid Mahkamov – д.т.н., профессор (Ньюкасл, Великобритания);  
Magin Lapuerta – д.т.н., профессор (СьюДад Реал, Испания);  
Mareks Mezitis – д.т.н., профессор (Рига, Латвия);  
Petr Bouchner – PhD, профессор (Прага, Чехия);  
Ronny Berndtsson – профессор (Лунд, Швеция);  
Барзов Александр Александрович – д.т.н., профессор (Москва, Российская Федерация);  
Бочкарев Петр Юрьевич – д.т.н., профессор (Саратов, Российская Федерация);  
Витвицкий Евгений Евгеньевич – д.т.н., профессор (Омск, Российская Федерация);  
Иванчина Эмилия Дмитриевна – д.т.н., профессор (Томск, Российская Федерация);  
Лазарев Владислав Евгеньевич – д.т.н., профессор (Челябинск, Российская Федерация);  
Мягков, Леонид Львович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);  
Чайкин Владимир Андреевич – д.т.н., профессор (Магнитогорск, Российская Федерация);  
Яношкин Александр Сергеевич – д.т.н., профессор (Чебоксары, Российская Федерация);

<b>Балғабеков Т. К., Шонтаев Д. С., Қоңқыбаева А. Н.</b> Өздігінен жүретін бетонараластырғыштың (ӨЖБА) соққы процесін зерттеу.....	64
<b>Смаханов А. Б., Ярошенко Ю. Г., Липунов Ю. И., Толымбекова Л. Б.</b> Су ауамен салқындату әдісімен термиялық өңдеу технологиясының режимдік параметрлерін әзірлеу .....	73
<b>Шумейко И. А., Касенов А. Ж.</b> Қазақстандағы машина жасаудың рөлі және саланың даму ерекшеліктері .....	81
<b>Жанахутдинов С. Г., Богомолов А. В.</b> Бүйірлік нығыздағыштардың бетінен жылу бөлу тәсілдері.....	90
<b>Макушев Ю. П., Абишев К. К., Асылова К. Б.</b> Іштен жану қозғалтқыштың сипаттамаларын талдау арқылы оның техникалық-экономикалық көрсеткіштерін анықтау.....	95
<b>Кызылбаева Э. Ж., Омарова А. М.</b> Автокөлік кәсіпорындарындағы сараптамалық жүйелер.....	109
<b>Асқаров Ғ. А., Жеңісов Р. Т., Зиятбек Р. Т.</b> Көліктік компаниялардың аутсорсингті қолдану тиімділігі.....	117
Мерейтойлық даталар.....	128
Авторларға арналған ережелер.....	134
Жарияланым этикасы.....	140

# НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ ПАВЛОДАРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ С. ТОРАЙГЫРОВА

Импакт-фактор  
РИНЦ – 0,270

Подписной  
индекс-76129

КОРРЕКТОРЫ:  
А. Р. Омарова,  
Д. А. Жумабекова

ВЕРСТКА:  
Д. А. Жумабекова

© ПГУ им. С. Торайгырова

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Омаров Ж. М., Жолдыбаев Ш. С., Жандалинова К. А., Оразова Д. К.</b> Использование композитных материалов в строительной отрасли .....	7
<b>Волкова Л. Ю.</b> Диагностирование форсунок дизелей по объему сливаемого топлива из дренажной магистрали .....	17
<b>Певнев Н. Г., Василенко Э. Р., Макушев Ю. П.</b> Исследование параметров состояния сжиженного углеводородного газа с целью определения времени его слива из автомобильного баллона .....	29
<b>Такібай Ш. Т., Саканов К. Т., Данзандорж С.</b> Влияние разновидностей зернового состава золы ТЭС для формирования структуры и прочности газобетона .....	42
<b>Зарипов Р. Ю., Ивашко В. С., Сембаев Н. С., Алина Е. А., Хайриден А. Е.</b> К вопросу внедрения электробусов в транспортную систему города .....	50
<b>Балгабеков Т. К., Шонтаев Д. С., Қоңқыбаева А. Н.</b> Исследования ударного процесса в самоходных бетоносмесителях (СБС) .....	64
<b>Смаханов А. Б., Ярошенко Ю. Г., Липунов Ю. И., Толымбекова Л. Б.</b> Разработка режимных параметров технологии термической обработки методом водо-воздушного охлаждения .....	73
<b>Шумейко И. А., Касенов А. Ж.</b> Роль машиностроения и особенности развития отрасли в Казахстане .....	81
<b>Жанахутдинов С. Г., Богомолов А. В.</b> Способы отвода тепла от поверхностей торцевых уплотнений .....	90
<b>Макушев Ю. П., Абишев К. К., Асылова К. Б.</b> Определение технико-экономических показателей двигателя внутреннего сгорания путем анализа его характеристик .....	95
<b>Кызылбаева Э. Ж., Омарова А. М.</b> Экспертные системы в автотранспортных предприятиях .....	109

**Аскаров Г. А., Женисов Р. Т.,**

**Зиятбек Р. Т.**

Эффективность применения аутсорсинга транспортными компаниями.....	117
Юбилейные даты .....	128
Правила для авторов .....	134
Публикационная этика .....	140

<b>CONTENTS</b>
-----------------

<b>Omarov Zh. M., Zholdybaev Sh. S., Zhanalinova K. A., Orazova D. K.</b>	7
Use of composite materials in the construction industry.....	7
<b>Volkova L. Yu.</b>	
The diagnosis of diesels injectors on the volume of fuel drained from the drain line .....	17
<b>Pevnev N. G., Vasilinenko E. R., Makushev Yu. P.</b>	
Study of the parameters of the liquefied petroleum gas to determine the time of its discharge from car tank.....	29
<b>Takibai Sh. T., Sakanov K. T., Danzandorzh S.</b>	
Influence of a variety of TPP ash grain composition to form the structure and strength of aerated concrete.....	42
<b>Zaripov R. Yu., Ivashko V. S., Sembayev N. S., Alina Ye. A., Hayriden A. E.</b>	
On the issue of introduction of electric buses in the transport system of the city .....	50
<b>Balgabekov T. K., Shontayev Dj.S., Kongkybayeva A. N.</b>	
SHOCK RESEARCH IN SELF-PROPELLED CONCRETE MIXERS (SPC)	64
<b>Smakhanov A. B., Yaroshenko Yu. G., Lipunov Yu. I., Tolymbekova L. B.</b>	
Development of regime parameters of thermal treatment technology by water-air cooling method.....	73
<b>Shumeiko I. A., Kasenov A. Zh.</b>	
The role of mechanical engineering and features of industry development in Kazakhstan.....	81
<b>Zhanakhutdinov S. G., Bogomolov A. V.</b>	
Ways of heat removal from surfaces of mechanical seals .....	90
<b>Makushev Y. P., Abishev K. K., Asylova K. B.</b>	
Determination of technical and economic indicators of the internal combustion engine by analysis of its characteristics .....	95
<b>Kyzylbayeva E. Zh., Omarova A. M.</b>	
Expert systems in transport enterprises .....	109
<b>Askarov G. A., Zhenisov R. T., Ziyatbek R. T.</b>	
Efficiency application of outsourcing by transport companies .....	117

Anniversary dates.....	128
Rules for authors .....	134
Publication ethics.....	140

ГРНТИ 67.11.31

**Омаров Жумабек Мухтарович**

к.т.н., ассоц. профессор (доцент), кафедра «Архитектура и дизайн»,  
Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,  
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан,  
e-mail: zhumabek-omarov@mail.ru

**Жолдыбаев Шахман Серикбаевич**

к.т.н., доцент, кафедра «Технологические машины и строительства»,  
АО «Жезказганский университет имени О. А. Байконурова»,  
г. Жезказган, 600100, Республика Казахстан,  
e-mail: schachman@mail.ru

**Жандалинова Кульжамал Айтпаевна**

к.т.н., ассоц. профессор (доцент), кафедра «Архитектура и дизайн»,  
Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,  
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан,  
e-mail: parasat1@mail.ru

**Оразова Динара Казбековна**

PhD, ассоц. профессор (доцент), кафедра «Промышленное,  
гражданское и транспортное строительство»,  
Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,  
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан,  
e-mail: d-orazova@bk.ru

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ  
В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ**

*Одним из стратегических направлений в странах СНГ являются ускоренное жилищное строительство, а также модернизация и развитие жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ), основанное на современных инновационных строительных материалах и технологиях. Особое место в современном мире занимает быстрейшее развитие индустриальных высокоинновационных безотходных технологий – «Зеленые технологии», а также высокоэффективных композитных материалов – «Интеллектуальные материалы», без активного внедрения и использования которых немисливо инновационное развитие современной строительной науки и экономики в 21 веке.*

*Рассмотрены вопросы по мировым тенденциям развития и использования в строительстве традиционных и современных композитных материалов.*

*Ключевые слова: традиционные материалы, композитные материалы, интеллектуальные материалы, инновации, наноструктурные модифицированные материалы, светопрозрачные материалы.*

**ВВЕДЕНИЕ**

Одним из стратегических направлений в странах СНГ являются ускоренное жилищное строительство, а также модернизация и развитие жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ), основанное на современных инновационных строительных материалах и технологиях. Особое место в современном мире занимает быстрейшее развитие индустриальных высокоинновационных безотходных технологий – «Зеленые технологии», а также высокоэффективных

композитных материалов – «Интеллектуальные материалы», без активного внедрения и использования которых немислимо инновационное развитие науки и экономики в 21 веке [1–3].

Объем мирового рынка использования композитных материалов составляет порядка 12 млн. тонн в год, в денежном выражении более 900 млрд долларов и ближайшие пять лет по прогнозам ученых и экспертов ее доля в мировом ВВП увеличится в 10 и более раз. Объемы производства композитных материалов в странах СНГ находятся на низком уровне, например даже в России производится всего несколько десятков тысяч тонн и составляет всего 0,5 % от мирового объема, хотя имеются огромные запасы сырья и отходов для их производства.

Производство строительных материалов – одна из ресурсоемких отраслей экономики. Высокая ресурсоемкость является одним из важнейших факторов, сдерживающих развитие этой отрасли, а, следовательно, всего строительного комплекса, в том числе развития и модернизации ЖКХ. Известно, что затраты на материалы составляют более половины общей стоимости строительно-монтажных работ и около трети капитальных вложений во весь строительный комплекс страны. Поэтому для снижения затрат на капитальное строительство необходимо в первую очередь добиться существенного уменьшения затрат в производстве строительных материалов и изделий. Решение этой задачи тесно связано с активным использованием в производстве строительных и инновационных материалов и технологий, а также техногенных отходов. Все это в комплексе позволяет достичь существенного снижения затрат на материальные и финансовые ресурсы, значительно снизить энергоемкость производства и технологий, а также благоприятно повлияет на экологическую обстановку в регионах накопления техногенных отходов [4–8].

Данные исследования как никогда актуальны для Казахстана, где в основном преобладает производство с небольшой добавленной стоимостью и необходим ускоренный переход всей экономики на рельсы современного инновационного развития, основанного на наукоемких, высокоэффективных, высокоэкологических материалах и технологиях. Для инновационного развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства нужно в первую очередь активно развивать производство современных композитных материалов и изделий, что резко снижает затраты на материалы и финансовые ресурсы, а также намного увеличивает срок службы зданий и сооружений, а также их экологические показатели, архитектуру и дизайн и т.д.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Композиционные материалы (композиты) – многокомпонентные материалы, состоящие, как правило, из пластичной основы (матрицы), армированной наполнителями, обладающими высокой прочностью, жесткостью и т.д. Сочетание разнородных веществ приводит к созданию нового материала, свойства которого количественно и качественно отличаются от свойств каждого из его составляющих. Варьируя состав матрицы и наполнителя, их соотношение, ориентацию наполнителя, получают широкий спектр материалов с требуемым набором свойств. Многие композиты превосходят традиционные материалы и сплавы

по своим механическим свойствам и в то же время они легче. Использование композитов обычно позволяет уменьшить массу конструкции при сохранении или улучшении ее механических характеристик [9–12].

То, что малые добавки волокна значительно увеличивают прочность и вязкость хрупких материалов, было известно с древнейших времен. Во времена египетского рабства евреи добавляли солому в кирпичи, чтобы они были прочнее и не растрескивались при сушке на жарком солнце. Одно из самых древних, по всей видимости, описаний изготовления композиционного материала приводится в Ветхом Завете (Исход, гл. 5):

«И пришли надзиратели сынов Израилевых и возопили к фараону, говоря: «Для чего ты так поступаешь с рабами твоими? Соломы не дают рабам твоим; а кирпичи, говорят нам, делайте. И вот рабов твоих бьют; грех народу твоему». Но он сказал: «Праздны вы, праздны; поэтому и говорите „Пойдем, принесем жертву Господу“. Пойдите же, работайте. Соломы не дадут вам, а положенное число кирпичей давайте».

Подобные технологии существовали у многих народов. Инки использовали растительные волокна при изготовлении керамики, а английские строители до недавнего времени добавляли в штукатурку немного волоса.

Другой композит, известный еще в Древнем Египте, содержал намного больший процент волокон, чем египетские кирпичи. Оболочки для египетских мумий делали из кусков ткани или папируса, пропитанных смолой или клеем. Этот материал (папье-маше) был заново открыт только в 18 в. (вместо папируса использовались куски бумаги) и был популярен до середины 20 в. Из папье-маше делали игрушки, рекламные макеты, а иногда даже мебель.

Пожалуй, в каждом современном доме найдутся предметы мебели, сделанные из распространенного в наши дни композиционного материала – древесно-стружечных плит (ДСП), в которых матрица из синтетических смол наполнена древесными стружками и опилками. А наиболее известным на сегодняшний день композитом, вероятнее всего, является железобетон. Сочетание бетона и железных прутьев дает материал, из которого сооружают конструкции (пролеты мостов, балки и т.п.), которые выдерживают большие нагрузки, вызывающие растрескивание обычного бетона. Интересно, что первыми применять железо в качестве арматуры стали древние греки, причем армировали они мрамор. Когда архитектору Мнесиклу в 437 до н.э. понадобилось перекрыть пролеты длиной в 4–6 м, он замуровал в специальных канавках в мраморных плитах двухметровые железные стержни, чтобы перекрытия справились с напряжениями.

Компонентами композитов являются самые разнообразные материалы – металлы, керамика, стекла, пластмассы, углерод и т.п. Известны многокомпонентные композиционные материалы – полиматричные, когда в одном материале сочетают несколько матриц, или гибридные, включающие в себя разные наполнители. Наполнитель определяет прочность, жесткость и деформируемость материала, а матрица обеспечивает монолитность материала, передачу напряжения в наполнителе и стойкость к различным внешним воздействиям.

Структура композиционных материалов. По структуре композиты делятся на несколько основных классов: волокнистые, слоистые, дисперсноупрочненные, упрочненные частицами и нанокомпозиты. Волокнистые композиты армированы волокнами или нитевидными кристаллами – кирпичи с соломой и папье-маше можно отнести как раз к этому классу композитов. Уже небольшое содержание наполнителя в композитах такого типа приводит к появлению качественно новых механических свойств материала. Широко варьировать свойства материала позволяет также изменение ориентации размера и концентрации волокон. Кроме того, армирование волокнами придает материалу анизотропию свойств (различие свойств в разных направлениях), а за счет добавки волокон проводников можно придать материалу электропроводность вдоль заданной оси [10–13].

В слоистых композиционных материалах матрица и наполнитель расположены слоями, как, например, в особо прочном стекле, армированном несколькими слоями полимерных пленок.

Микроструктура остальных классов композиционных материалов характеризуется тем, что матрицу наполняют частицами армирующего вещества, а различаются они размерами частиц. В композитах, упрочненных частицами, их размер больше 1 мкм, а содержание составляет 20–25 % (по объему), тогда как дисперсноупрочненные композиты включают в себя от 1 до 15 % (по объему) частиц размером от 0,01 до 0,1 мкм. Размеры частиц, входящих в состав нанокомпозитов – нового класса композиционных материалов – еще меньше и составляют 10–100 нм.

Полимерные композиционные материалы (ПКМ). Композиты, в которых матрицей служит полимерный материал, являются одним из самых многочисленных и разнообразных видов материалов. Их применение в различных областях дает значительный экономический эффект. Например, использование ПКМ при производстве космической и авиационной техники позволяет сэкономить от 5 до 30 % веса летательного аппарата. А снижение веса, например, искусственного спутника на околоземной орбите на 1 кг приводит к экономии 1000 \$. В качестве наполнителей ПКМ используется множество различных веществ [9, 14].

А) Стеклопластики – полимерные композиционные материалы, армированные стеклянными волокнами, которые формируют из расплавленного неорганического стекла. В качестве матрицы чаще всего применяют как терморезистивные синтетические смолы (фенольные, эпоксидные, полиэфирные и т.д.), так и термопластичные полимеры (полиамиды, полиэтилен, полистирол и т.д.). Эти материалы обладают достаточно высокой прочностью, низкой теплопроводностью, высокими электроизоляционными свойствами, кроме того, они прозрачны для радиоволн. Использование стеклопластиков началось в конце Второй мировой войны для изготовления антенных обтекателей – куполообразных конструкций, в которых размещается антенна локатора.

В первых армированных стеклопластиках количество волокон было небольшим, волокно вводилось, главным образом, чтобы нейтрализовать грубые дефекты хрупкой матрицы. Однако со временем назначение матрицы изменилось – она стала служить только для склеивания прочных волокон между

собой, содержание волокон во многих стеклопластиках достигает 80 % по массе. Слоистый материал, в котором в качестве наполнителя применяется ткань, плетенная из стеклянных волокон, называется стеклотекстолитом.

Стеклопластики – достаточно дешевые материалы, их широко используют в строительстве, судостроении, радиоэлектронике, производстве бытовых предметов, спортивного инвентаря, оконных рам для современных стеклопакетов и т.п.

Б) Углепластики – наполнителем в этих полимерных композитах служат углеродные волокна. Углеродные волокна получают из синтетических и природных волокон на основе целлюлозы, сополимеров акрилонитрила, нефтяных и каменноугольных пеков и т.д. Термическая обработка волокна проводится, как правило, в три этапа (окисление – 220 °С, карбонизация – 1000–1500 °С и графитизация – 1800–3000 °С) и приводит к образованию волокон, характеризующихся высоким содержанием (до 99,5 % по массе) углерода. В зависимости от режима обработки и исходного сырья полученное углеволокно имеет различную структуру.

Для изготовления углепластиков используются те же матрицы, что и для стеклопластиков – чаще всего – терморезактивные и термопластичные полимеры. Основными преимуществами углепластиков по сравнению со стеклопластиками является их низкая плотность и более высокий модуль упругости, углепластики – очень легкие и, в то же время, прочные материалы. Углеродные волокна и углепластики имеют практически нулевой коэффициент линейного расширения. Все углепластики хорошо проводят электричество, черного цвета, что несколько ограничивает области их применения. Углепластики используются в авиации, ракетостроении, машиностроении, производстве космической техники, медтехники, протезов, при изготовлении легких велосипедов и другого спортивного инвентаря.

Низкая степень развития производства композитных материалов обусловлена целым рядом причин: это в первую очередь зависимость от импорта качественного сырья и высокотехнологического оборудования, отсутствия в странах СНГ единых норм и правил проектирования и эксплуатации композиционных материалов и конструкций, технических регламентов и т.д. Затрудняет внедрение композиционных материалов и изделий также отсутствие высококвалифицированных кадров по их проектированию, изготовлению и обслуживанию. Все это требует комплексной перестройки научно-производственной инфраструктуры отраслей экономики, выпуск продукции которых в 21 веке невозможен без использования композиционных материалов и изделий. Внедрение этих наукоемких и высокоэффективных материалов и технологий возможен только при условии консолидации всех заинтересованных участников. Поэтому для успешной реализации поставленных задач в данной отрасли всем производителям необходимо объединиться [14–21].

Сейчас одной из первоочередных задач является формирование нормативной базы, развитие исследовательской деятельности и формирование современной системы подготовки специалистов для этой отрасли.

Самым древним композитным материалом является саманный кирпич, который состоит из двух экологически чистых природных материалов – это глины и соломы, данный строительный материал актуален и по сей день во всем мире.

Одним из перспективных новых композиционных материалов для строительства являются экологически чистые и дешевые супернаполненные пластмассы на основе минеральных наполнителей и термопластов, способные заменить дорогую пластмассу, сочетающие в себе лучшие свойства полимеров со специальными характеристиками. Введение минеральных наполнителей в полимеры позволяет улучшить прочностные показатели, огнестойкость, тепло- и электрофизические свойства, снизить токсичность при горении и т.д. СНП могут применяться в качестве конструкционных, отделочных материалов, трубопроводов, обладающих повышенной огнестойкостью, стойкостью к воздействию агрессивных и атмосферных факторов, в том числе к солнечной радиации в условиях длительной эксплуатации, водостойкости и кислотности. НА их основе, композиционные материалы с заданными свойствами и высокой долговечностью [20].

Будущим строительного материаловедения является применение нанотехнологического процесса формирования структуры современных строительных материалов, предусматривающих их сборку или самосборку «снизу-вверх», то есть дизайн материала или изделия, который заключается в контролируемом и управляемом воздействии на процесс структурообразования, начиная с наноразмерного уровня. Результатом такого подхода будет получение новых по составу и качественно отличающихся по структуре и свойствам конструкционных, теплоизоляционных, отделочных и других материалов, в полной мере отвечающих современным тенденциям развития архитектурных форм, конструктивных решений и технологии возведения объектов промышленного и гражданского строительства. Уже получены новые конструкционные композитные материалы с уникальными прочностными характеристиками, новые виды арматурных сталей, высокопрочная арматура из композитных материалов с высокими температурными и упругими показателями, уникальные нанопленки для покрытия светопрозрачных конструкций, самоочищающиеся и износостойкие покрытия, паропроницаемые и гибкие стекла с высокими теплотехническими показателями и т.д. [21].

## ВЫВОДЫ

В настоящее время проводятся теоретические и экспериментальные, исследования направленные на разработку методов наноструктурного модифицирования материалов, а также получены в результате исследований новые инновационные материалы и изделия, т.е. созданы «Интеллектуальные материалы», которые в зависимости от температуры, влажности и освещения окружающей среды могут автоматически изменять свои соответствующие качественные и количественные показатели, т.е изменять свою структуру так, что могут снижать или увеличивать свою тепло-, влаго- и светопроводность и т.д.

В последние годы очень актуальным стало в мире использование наряду с современными композитными материалами в строительстве традиционных природных

материалов таких, как саман, бутовый камень, материалы из рассыпной и прессованной соломы, из цельной и измельченной древесины (стружка, измельченные ветки, спрессованные листья и т.д.). Во первых это экологически чистые строительные материалы, во вторых современные препараты по санитарной и дезинфекционной обработке данных материалов в разы увеличивают их стойкость к различным вредителям и атмосферным осадкам, а также хорошо подобранная наружная и внутренняя конструктивная защита и отделка придают им не только высокие показатели по атмосферной и конструкционной стойкости, но и придают им современную архитектурную и дизайнерскую форму и выразительность. Многие, сохранившиеся до нашего времени, древние здания и сооружения, построенные из этих традиционных материалов, особенно на юге и востоке Казахстана, такие как буддийские, исламские культовые сооружения, храмы, мечети, медресе, усыпальницы, обсерватории и т.д. на протяжении тысячелетий украшают бескрайние просторы Казахстана.

Использование композитных материалов в строительстве поможет в ближайшее время значительно снизить материальные и финансовые затраты как на новое строительство, так и при модернизации и развития жилищно-коммунального хозяйства, научные исследования и использование результатов в этой области позволят перейти всей отрасли экономики на рельсы ускоренного инновационного развития.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Современные строительные материалы и товары. Справочник. – М. : Эксмо, 2006. – 576 с.

2 Строительное материаловедение / Под общ. ред. В. А. Невского. – Ростов на Дону : Феникс, 2007. – 571 с.

3 **Лысенко, Е. И., Котлярова, Л. В., Ткаченко, Г. А., Трищенко, И. В., Юндин, А. Н.** Современные отделочные материалы / под общ. ред. проф. А. Н. Юдина. – Ростов на Дону : Феникс, 2003. – 448 с.

4 Архитектура, строительство, дизайн [Текст] : учебник для вузов / под. общ. ред. А. Г. Лазарева. – Ростов-на-Дону, 2005. – 320 с.

5 Архитектура, строительство, дизайн [Текст]: учебник для вузов / под ред. А. Г. Лазарева. – 2-е изд. – Ростов на Дону : Феникс, 2006. – 316 с.

6 Архитектура, строительство, дизайн [Текст]: учебник для вузов. под ред. А. Г. Лазарева. – 4-е изд. – Ростов на Дону: Феникс, 2009. – 316 с.

7 **Байер, В. Е.** Материаловедение для архитекторов, реставраторов, дизайнеров : Учеб. пособие / В. Е. Байер. – М. : ООО «Транзиткнига», 2004. – 260 с. : ил.

8 **Логанина, В. И.** Искусство интерьера. Современные материалы для отделки : учебное пособие для вузов / В. И. Логанина, С. Н. Кислицина, С. М. Саденко. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2006. – 252 с. : ил.

9 **Флеров, А. В.** Материаловедение и технология художественной обработки металлов [Текст] : учебник/ А. В. Флеров. – М. : Издательство В. Шевчук, 2001. – 288 с. : ил.

10 **Лейкин, А. Е., Родин, Б. И.** Материаловедение – М. : В.Ш., 1971.

11 **Айрапетов, Д. П.** Архитектурное материаловедение. – М. : Стройиздат. 1986.

12 **Байер, В. Е.** Материаловедение для архитекторов : Учебное пособие. – М.: АСТ, Транзиткнига: Астрель, 2005.

13 Строительные материалы. – М., Феникс, 2009.

14 **Ивлиев, А. А., Кальгин, А. А., Скок, О. М.** Отделочные строительные материалы. – М., 1998.

15 **Лебедев, М. М.** Индустриальные методы отделки зданий. – М., 1988.

16 **Киреева, Ю. И.** Современные строительные материалы и изделия. – Феникс, 2010.

17 **Сатбаев, Б. Н.** Особенности получения жаростойких сплавов и композиционных материалов // Наука и техника Казахстана. – 2003. – № 3. – С. 45–49

18 Справочник : Штукатурные работы внутри помещений. – Дикта, 2009.

19 **Логанина, В. И., Кислицина, С. Н., Саденко, С. М.** Искусство интерьера. Современные материалы для отделки. – Феникс, 2006.

20 Филимонов Б.П. Отделочные работы. Современные материалы и новые технологии. – М. : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006.

21 **Сарсенбай, А. С., Станевич, В. Т., Кудрышова, Б. Ч., Капустин, А. П.** Повышение эффективности арболитовых композиций комплексными добавками // Наука и техника Казахстана. – 2019. – № 1. – С. 44–50

Материал поступил в редакцию 16.12.19.

***Омаров Жумабек Мухтарович***

т.ғ.к., доцент, қауымд. профессор (доцент),

«Сәулет және дизайн» кафедрасы,

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,

Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы,

e-mail: zhumabek-omarov@mail.ru

***Жолдыбаев Шахман Серикбаевич***

т.ғ.к., доцент, «Технологиялық машиналар және құрылыс» кафедрасы,

«Ө. А. Байқоңыров атындағы Жезқазған университеті» АҚ,

Жезқазған қ., 600100, Қазақстан Республикасы,

e-mail: schachman@mail.ru

***Жандалинова Кульжамал Айтбаевна***

т.ғ.к., доцент, қауымд. профессор (доцент),

«Сәулет және дизайн» кафедрасы,

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,

Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы,  
e-mail: parasat1@mail.ru

***Оразова Динара Казбековна***

PhD, қауымд. профессор (доцент),  
«Өнеркәсіптік және көлік құрылысы» кафедрасы,  
С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,  
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы,  
e-mail: d-orazova@bk.ru

Материал баспаға 16.12.19.түсті.

**Құрылыс саласында композитті материалдарды пайдалану**

*ТМД елдеріндегі стратегиялық бағыттарының бірі жедел тұрғын үй салу, сондай-ақ қазіргі заманғы инновациялық құрылыс материалдары мен технологияларына негізделген тұрғын үй-коммуналдық шаруашылығын жаңғырту және дамыту (ТКШ) болып табылады. Қазіргі әлемде индустриалды жоғары инновациялық қалдықсыз технологияларды – «Жасыл технологиялар», сондай – ақ тиімділігі жоғары композиттік материалдарды – «Зияткерлік материалдар» тез дамыту ерекше орыналады, оларды белсенді енгізусіз және пайдаланусыз 21 ғасырда қазіргі заманғы құрылыс ғылымы мен экономиканың инновациялық дамуы мүмкін емес.*

*Дәстүрлі және қазіргі заманғы композиттік материалдардың құрылысында даму мен пайдаланудың әлемді күрдістері бойынша әселелер қаралды.*

*Кілтті сөздер: дәстүрлі материалдар, композиттік материалдар, зияткерлік материалдар, инновациялар, наноқұрылымды түрлендірілген материалдар, жарықоткізгіш мөлдір материалдар.*

***Omarov Zhumabek Mukhtarovich***

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
Department of Architecture and Design,  
S. Toraihyrov Pavlodar State University,  
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan,  
e-mail: zhumabek-omarov@mail.ru

***Zholdybaev Shakhman Serikbaevich***

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
Department of «Technological Machines and Construction»,  
«O. A. Baykonurova Zhezkazgan University» JSC,  
Zhezkazgan, 600100, Republic of Kazakhstan,  
e-mail: schachman@mail.ru

***Zhanalinova Kulzhamal Aytpayevn***

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
Department of Architecture and Design,  
S. Toraihyrov Pavlodar State University,  
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan,  
e-mail: parasat1@mail.ru

***Orazova Dinara Kazbekovna***

PhD, Associate Professor, Department of Industrial,  
Civil and Transport Construction,  
S. Toraighyrov Pavlodar State University,  
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan,  
e-mail: d-orazova@bk.ru

### **Use of composite materials in the construction industry**

*One of the strategic directions in the CIS countries is accelerated housing construction, as well as modernization and development of housing and communal services (HCS), based on modern innovative building materials and technologies. A special place in the modern world is occupied by the fastest development of industrial high-innovation non-waste technologies (Green Technologies), as well as highly efficient composite materials (Intellectual Materials), without the active introduction and use of which the innovative development of modern construction science and economics in the 21st century is unthinkable.*

*Issues of global trends in development and use of traditional and modern composite materials in the construction industry are considered.*

*Keywords: traditional materials, composite materials, intelligent materials, innovation, modified nanostructured materials, translucent materials.*

ГРНТИ 73.01.77

**Волкова Лариса Юрьевна**

к.т.н., доцент кафедры «Судовые энергетические установки и теплоэнергетика»,  
Калининградский государственный технический университет,  
г. Калининград, 236000, Российская Федерация,  
e-mail: volkova0969@mail.ru

**ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ФОРСУНОК ДИЗЕЛЕЙ ПО ОБЪЕМУ  
СЛИВАЕМОГО ТОПЛИВА ИЗ ДРЕНАЖНОЙ МАГИСТРАЛИ**

*Предложена методика, позволяющая по количеству утечек топлива из форсунок с гидромеханическим управлением определять зазор между иглой и корпусом распылителя. Для топливной аппаратуры с электрогидравлическим управлением иглы форсунок выполнен расчёт сливаемого топлива через клапан, определены утечки топлива в зависимости от давления в аккумуляторе, значения зазора в распылителе и в паре «управляющий поршень – направляющая». Приведен контроль технического состояния клапанов управления по значению объёма сливаемого топлива из штуцера форсунки. Для постоянного контроля утечек топлива через зазор в распылителе или сливаемого топлива из дренажной магистрали форсунки с электромагнитным управлением предлагается прибор с датчиком для измерения малого расхода топлива и записи его значения.*

*Ключевые слова: форсунка, диагностирование, утечки, зазор, клапан управления.*

**ВВЕДЕНИЕ**

Эффективность работы дизеля в основном зависит от форсунок, техническое состояние которых можно определить по анализу объема сливаемого топлива из дренажной магистрали, изменению давления топлива в трубопроводе высокого давления и перемещения иглы распылителя.

В процессе работы дизеля часть топлива под действием перепада давления вытекает из камеры распылителя форсунки через зазор между иглой и направляющей. При диаметральном зазоре в распылителях форсунок более 10 мкм утечки способствуют уменьшению подачи топлива, снижая мощность дизеля.

По величине утечек топлива в эксплуатации (диагностический параметр) можно определить зазор в распылителе, износ направляющей. Для этой цели в лабораторных условиях определяют утечки топлива в зависимости от известной величины зазора распылителя. По количеству утечек топлива в эксплуатации (обратным способом) определяют зазор в распылителе, износ направляющей и делается заключение о целесообразности его дальнейшей эксплуатации.

Для судовых и тепловозных двигателей с высоким остаточным давлением предельный износ распылителей (диаметральный зазор) составляет 6...8 мкм [1].

В таблице 1 показано изменение конструктивных и регулировочных параметров форсунок тепловозного дизеля 16ЧН 26/26 в эксплуатации, которое соответствует исправному, неисправному состоянию или отказу. Главные неисправности распылителя, переходящие в отказ – износ пары «игла – корпус распылитель», течь топлива из посадочного конуса, защемление иглы, снижение

давления открытия иглы. Для исправного состояния форсунки ее параметры должны соответствовать нормативно-техническим значениям.

Таблица 1 – Изменение технического состояния форсунок дизеля

Диагностируемый параметр форсунки	Техническое состояние форсунки		
	Исправное	Неисправное	Отказ
1 Износ пары «игла – корпус распылителя». Начальный зазор (диаметральный) 2 – 4 мкм.	Начальный зазор плюс 4 мкм	Зазор более 8 мкм	Зазор более 10 мкм
2 Нарушение герметичности посадочного конуса иглы и корпуса распылителя.	Сухой носик распылителя	Увлажнение носика распылителя	Образование капель на носике распылителя
3 Зависание иглы распылителя.	Подвижная игла	Потеря подвижности	Игла неподвижная
4 Снижение давления начала открытия иглы от нормативного значения, например, 34 МПа.	Нормативное значение	Снижение давления на 20 %	Снижение давления более чем на 20 %

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1 Топливные системы с гидромеханическим управлением иглы распылителя форсунки.

На рисунке 1 показана форсунка тепловозного дизеля 16ЧН 26/26. Утечки топлива из форсунки отводятся при помощи трубопровода 14. Оценки зазора в паре «игла – корпус распылителя» на работающем двигателе может быть определена по объему утечек топлива.

Утечки топлива за цикл зависят от величины остаточного давления в линии нагнетания, давления топлива в каналах форсунки, диаметра иглы, зазора в паре «игла – корпус распылителя», длины уплотняющей поверхности и вязкости топлива. Система подачи топлива с высоким остаточным давлением более «чувствительна» к увеличению зазора в распылителях. С достаточной для практики точностью утечки топлива из форсунок можно определить расчётным путём.

При высоких остаточных давлениях в линии нагнетания (например, 10 МПа) топливо вытекает из полости форсунки в течение всего цикла и достигает значений в несколько раз больше, чем в системах с малым остаточным давлением.

В системах с малым остаточным давлением (до 1 МПа) топливо движется по зазору в паре «игла–корпус распылителя» только в период подачи топлива форсункой (не более 40 гр.п.в.н. – градусов поворота вала насоса). Для различных конструкций форсунок утечки топлива через пару «игла – корпус распылителя» в м<sup>3</sup> за время t можно определить расчётным путём по формулам [2-4]:

$$V_{\gamma} = \frac{\pi \cdot d \cdot \delta^2 \cdot \beta}{12 \cdot l \cdot \mu} \int_0^t P_{\gamma} \cdot dt \quad (1)$$

$$V_y = \frac{\pi \cdot d \cdot \delta^3 \cdot \beta}{12 \cdot l \cdot \mu} \cdot P_o \cdot \Delta t, \quad (2)$$

где  $d$  – диаметр иглы, м;

$\delta$  – радиальный зазор, м;

$\beta$  – коэффициент, учитывающий эксцентричное расположение иглы в направляющей (1,1–1,15);

$l$  – длина направляющей части иглы, м;

$\mu$  – коэффициент динамической вязкости, Па·с;

$P_\phi$  – переменное давление в канале форсунки в период подачи топлива, Па;

$P_o$  – остаточное давление в линии нагнетания, Па.

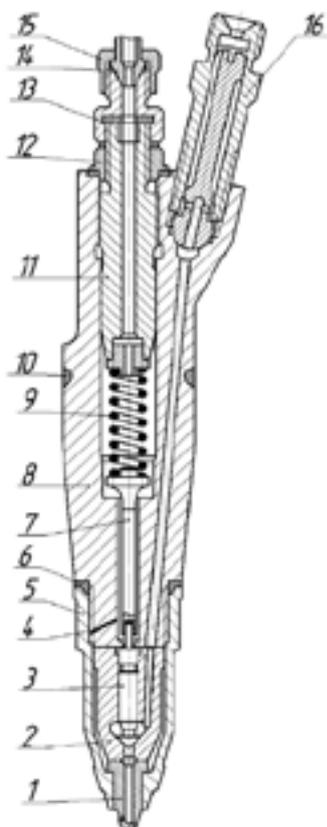


Рисунок 1 – Форсунка дизеля 16ЧН 26/26: 1 – сопловой наконечник;

2 – корпус распылителя; 3 – игла; 4 – канал; 5 – накидная гайка;

6, 10 – уплотнительные кольца; 7 – штанга; 8 – корпус форсунки;

9 – пружина; 11 – регулировочный винт; 12 – контргайка; 13 – штуцер;

14 – трубопровод отвода утечек; 15 – гайка; 16 – штуцер

По формуле (1) определяются утечки в системах подачи топлива без остаточного давления или его малом значении. Время утечек (от  $t_1$  до  $t_2$ ) зависит от продолжительности процесса изменения давления в форсунке (30–40

гр.п.в.н.). По формуле (2) дополнительно определяются утечки в системах подачи топлива с учётом остаточного давления (давления между впрысками). Топливо дополнительно вытекает через зазор между иглой и корпусом распылителя за период между впрысками (320–330 градусов).

На рисунке 2 приведены расчетные значения утечек топлива за цикл в зависимости от величины зазора в распылителях форсунки и остаточного давления для тепловозного дизеля 16ЧН 26/26 [5].

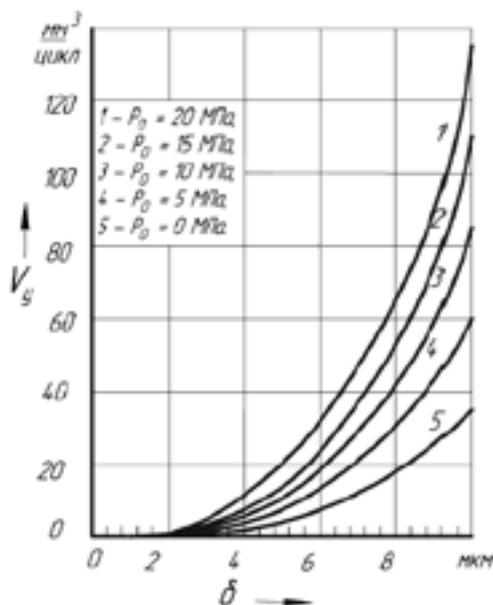


Рисунок 2 – Изменение утечек топлива за цикл в зависимости от радиального зазора и остаточного давления в нагнетательной магистрали

Частота вращения кулачкового вала насоса была принята  $500 \text{ мин}^{-1}$ , диаметр иглы 8 мм, длина уплотняющей части распылителя 30 мм, среднее давление в форсунке 50 МПа, продолжительность превышения давления в форсунке над остаточным 40 гр.п.в.н., динамическая вязкость топлива  $1,5 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ , кинематическая вязкость 1,8 сСт [6]. При радиальном зазоре 5 мкм (диаметральный 10 мкм) утечки топлива из линии высокого давления достигают за цикл  $20 \text{ мм}^3$  (остаточное давление 20 МПа). Это приводит к уменьшению цикловой подачи примерно на такую же величину и снижает мощность двигателя.

Если для двигателя 16ЧН 26/26 утечки топлива за цикл из одной форсунки равны  $20 \text{ мм}^3$  (при частоте вращения вала насоса  $500 \text{ мин}^{-1}$ ), то за час утечки составят  $600\,000 \text{ мм}^3$ , а из 16 форсунок – 9,6 л топлива. Сливаемое топливо из дренажной магистрали форсунок с гидромеханическим управлением представляет собой только утечки топлива через зазор между иглой и направляющей корпуса распылителя.

При диаметральном зазоре более 10 мкм (радиальный 5 мкм) нарушается центрирование посадочного конуса корпуса распылителя и иглы. При несовпадении центральных осей корпуса и иглы нарушается герметичность посадочного конуса. Утечки топлива через посадочный конус способствуют образованию кокса в сопловых отверстиях распылителей и повышению токсичности отработавших газов. По этой причине форсунка, у которой распылитель имеет диаметральные зазоры более 10 мкм, считается аварийной (неисправность переходит в отказ) и распылитель заменяется новым. Данный вывод совпадает с результатами исследования, приведёнными в работе [7], что форсунки обеспечивают качественный впрыск с диаметральными зазорами в распылителе до 9–12 мкм.

В последнее время вместо традиционных топливных систем с механическим управлением иглы применяют аккумуляторные системы с высоким давлением (до 250 МПа) и электронным управлением. Их применение способствует повышению экономичности дизеля, снижает токсичность отработавших газов – сажи, оксидов азота, углеводородов.

## **2 Топливные системы с электрогидравлическим управлением иглы распылителя форсунки**

При замене топливной аппаратуры тепловозных дизелей с механическим управлением на электронное необходимо знать их устройство, принцип действия, расчёт, эксплуатацию, диагностирование и ремонт. На рисунке 3 показана форсунка с электрогидравлическим управлением хода иглы [7-9]. Пружина 17 через шток якоря 13 прижимает шариковый клапан 12, который закрывает жиклёр 11. Когда клапан управления 12 закрыт, то давление топлива в камере управления и в полости под иглой 2 будут равны друг другу. Площадь поршня 10 больше площади иглы 2, поэтому усилие со стороны поршня будет больше, чем со стороны иглы, и она будет находиться в закрытом состоянии. Впрыск топлива отсутствует.

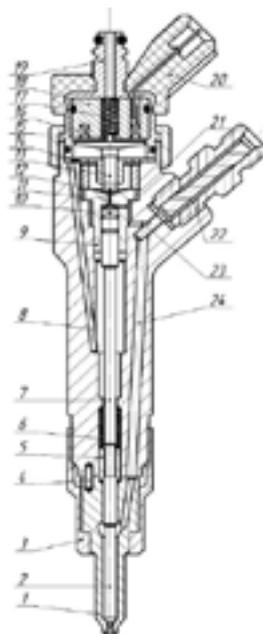


Рисунок 3 – Форсунка с электромагнитным управлением:

- 1 – корпус распылителя; 2 – игла; 3 – гайка; 4 – штифт; 5 – втулка;  
 6 – пружина; 7 – шток; 8 – канал отвода утечек; 9 – втулка; 10 – управляющий поршень;  
 11 – жиклёр; 12 – шарик; 13 – шток якоря; 14 – отверстие для отвода утечек;  
 15 – втулка; 16 – катушка электромагнита; 17 – пружина якоря;  
 18 – сердечник; 19 – штуцер; 20 – разъем питания; 21 – жиклёр; 22 – штуцер;  
 23 – отверстие

При подаче напряжения на катушку электромагнита 16 якорь 13 будет притянут к сердечнику 18, сжимая пружину 17. Шариковый клапан 12 откроется, и топливо через перепускное отверстие будет вытекать из камеры управления, снижая давление над управляющим поршнем (плунжером) 10. Усилие со стороны управляющего поршня резко уменьшится.

Так как давление топлива под иглой не изменится (оно равно давлению в аккумуляторе), то игла 2 под действием высокого давления переместится в верхнее положение и откроет доступ к сопловым отверстиям, обеспечивая начало впрыска топлива. Впрыск продолжается до тех пор, пока подается напряжение на катушку 16 электромагнита. При отключении напряжения магнитное поле катушки исчезнет, а пружина 17 разжимаясь, закроет клапан 12. Подача топлива в камеру сгорания двигателя прекратится. Форсунка данного типа способна изменять угол опережения подачи топлива и характеристику впрыска.

На рисунке 4 показана двухфазная подача топлива, рекомендуемая для дизеля Д49. Данная характеристика позволит снизить жесткость процесса сгорания, токсичность отработавших газов и расход топлива. Запальная (предварительная) порция топлива (10–20 %) поступает в цилиндр для повышения в нем температуры и создания вихревого движения воздушного заряда. Основная порция топлива

(80–90 %) подаётся в КС с высокой температурой, задержка самовоспламенения уменьшается, что приведет к снижению жёсткости процесса сгорания.

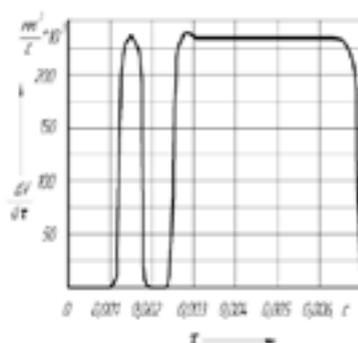


Рисунок 4 – Дифференциальная характеристика впрыскивания с запальной (предварительной) и основной подачей топлива

Площадь под кривой с учётом масштаба представляет собой действительную подачу топлива за цикл. Запальная порция топлива равна 150 мм<sup>3</sup>, а основная – 850 мм<sup>3</sup>. Общая цикловая подача равна 1000 мм<sup>3</sup>. Продолжительность впрыска топлива составила 0,006 с или 30 градусов угла поворота коленчатого вала.

### 3 Диагностирование форсунок с электрогидравлическим управлением иглы распылителя форсунки

При нарушении герметичности перепускного клапана, увеличении утечек топлива через зазор «игла – корпус распылителя» и зазор «управляющий поршень – направляющая» характеристика впрыска изменяется, что приводит к изменению цикловой подачи, нарушению баллистики топливного факела.

Из отсечного отверстия (жиклёр) 11 (см. рисунок 3) при его открытии вытекает топливо (для процесса управления) за впрыск объемом, равным

$$V_{\text{вп}} = \mu F_{\text{ж}} \cdot g_{\text{ж}} \cdot t = \mu F_{\text{ж}} \cdot \sqrt{\frac{2 \Delta P}{\rho_{\text{T}}}} \cdot t, \quad (3)$$

где  $\mu F_{\text{ж}}$  – эффективное проходное сечение жиклёра, м<sup>2</sup>;

$g_{\text{ж}}$  – скорость истечения топлива через жиклёр, м/с;

$\Delta P$  – среднее значение давления топлива в камере управления, Па;

$\rho_{\text{T}}$  – плотность топлива, кг/м<sup>3</sup>;

$t$  – время впрыска, с.

При среднем давлении в камере управления  $\Delta P = 70 \cdot 10^6$  Па; плотности  $\rho_{\text{T}} = 850$  кг/м<sup>3</sup>;  $\mu F_{\text{ж}} = 0,14 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup> и времени 0,005 с (для продолжительности впрыска 15 градусов и частоты вращения вала насоса 500 мин<sup>-1</sup>) количество сливаемого

топлива из камеры управления за впрыск составит  $250 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3$  или  $250 \text{ мм}^3$ . За одну минуту совершается, например, 500 циклов впрыска, и объем сливаемого топлива составит  $125\,000 \text{ мм}^3$  или  $125 \text{ см}^3$ .

В процессе диагностирования форсунок с электрогидравлическим управлением проверяют герметичность клапана управления. Критерием герметичности клапана (его исправности) и изменение его хода может служить значение объема сливаемого топлива из форсунки. При требуемой герметичности клапанов количество сливаемого топлива из камеры управления каждой из форсунок должно быть одинаковым.

На рисунке 5 показана установка, состоящая из мерных ёмкостей для оценки технического состояния (герметичности) клапанов управления. Мерная ёмкость соединена со штуцером 19 форсунки (см. рисунок 3). Объем сливаемого топлива из одной форсунки вместе с утечками через зазор в распылителе при работе двигателя на номинальной частоте вращения коленчатого вала за одну минуту не должен превышать  $150 \text{ см}^3$  [10-13].

Сливаемое топливо из дренажной магистрали форсунок с электрогидравлическим управлением хода иглы представляет собой сумму утечек топлива через зазор между направляющей корпуса распылителя и иглой, через зазор в паре «управляющий поршень – направляющая» и слив топлива, необходимый для процесса управления иглой распылителя.

Утечки топлива через пару «игла – корпус распылителя» или «управляющий поршень – направляющая» за время  $\Delta t$  определялись по формуле

$$V_s = \frac{\pi \cdot d \cdot \delta^3 \cdot \beta}{12 \cdot l \cdot \mu} \cdot \Delta P \cdot \Delta t, \quad (4)$$

где  $d$  – диаметр иглы, м;

$\delta$  – радиальный зазор, м;

$\beta$  – коэффициент, учитывающий эксцентричное расположение иглы (штока) в направляющей (1,1–1,15);

$l$  – длина направляющей части иглы (поршня), м;

$\mu$  – коэффициент динамической вязкости топлива, Па·с ( $1,5 \cdot 10^{-3}$ );

$\Delta P$  – давление топлива в камере управления, Па

Диаметр иглы был принят 4 мм, управляющего поршня – 4,3 мм, длина иглы – 20 мм.

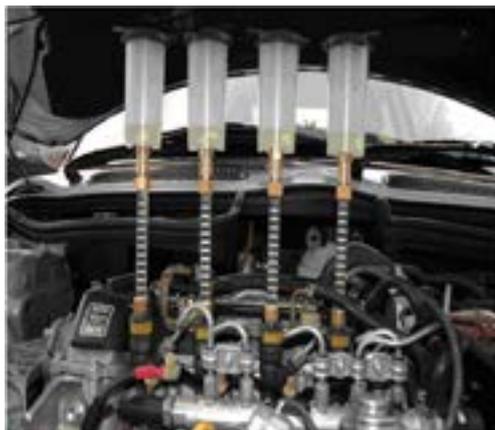


Рисунок 5 – Диагностирование технического состояния клапанов управления по объёму сливаемого топлива из штуцера форсунки

Для постоянного контроля утечек топлива через зазор в распылителе или сливаемого топлива из дренажной магистрали форсунки с электромагнитным управлением предлагается прибор с датчиком для измерения малого расхода топлива и записи его величины (рисунок 6). Датчик устанавливается в линию слива топлива из форсунки. По анализу показаний каждого из датчиков можно анализировать значение зазора в распылителе каждой в отдельности форсунки с механическим управлением или по значению расхода топлива определять состояние клапанов управления форсунок с электромагнитным управлением.



Рисунок 6 – Электронный датчик для измерения малых расходов топлива

Расчётные значения утечек через прецизионную пару «игла–корпус распылителя» и «управляющий поршень–направляющая» в зависимости от величины зазора и давления приведены в таблицах 2 и 3. При радиальном зазоре 6 мкм утечки (например, при давлении в аккумуляторе 200 МПа) достигают значения, равного  $100 \text{ мм}^3$ , что окажет отрицательное влияние на протекание процесса впрыска топлива.

Таблица 2 – Утечки топлива в мм<sup>3</sup> за цикл через пару «игла – корпус распылителя» в зависимости от величины зазора и давления в аккумуляторе

Давление в аккумуляторе, МПа	Радиальные зазоры в распылителе, мкм				
	1	2	4	6	8
50	0,11	0,92	7,35	25	59
100	0,23	1,84	14,7	50	118
150	0,34	2,76	22	75	177
200	0,46	3,68	29,4	100	236
250	0,57	4,6	36,7	125	295

По значению утечек топлива для давления в аккумуляторе от 50 до 250 МПа определяют зазоры в парах «игла – корпус распылителя», оценивают их предельную величину и определяют возможность дальнейшей эксплуатации форсунок.

Таблица 3 – Утечки топлива в мм<sup>3</sup> за цикл через «управляющий поршень – направляющая» в зависимости от зазора и давления в камере управления

Максимальное давление в аккумуляторе и среднее в камере управления, МПа	Радиальные зазоры, мкм				
	1	2	4	6	8
50; 33	0,08	0,64	5,12	17,3	41,0
100; 70	0,16	1,28	10,24	34,6	82,0
150; 100	0,24	1,93	15,5	51,0	122,0
200; 135	0,33	2,64	21,1	71,3	169,0
250; 170	0,4	3,28	26,2	88,5	210,0

## ВЫВОДЫ

1 Предложена методика, позволяющая по величине утечек топлива из форсунок с гидромеханическим управлением определять величину зазора между иглой и корпусом распылителя. Предельный диаметральный зазор в распылителе принят равным более 10 мкм.

2 Применение форсунок с электрогидравлическим управлением позволит организовать двухфазный впрыск топлива с целью уменьшения жесткости процесса сгорания, токсичности отработавших газов и снижения расхода топлива.

3 Для топливной аппаратуры с электрогидравлическим управлением иглы форсунок выполнен расчет сливаемого топлива через управляющий клапан, определены утечки топлива в зависимости от давления в аккумуляторе, величины зазора в распылителе и в паре «управляющий поршень – направляющая».

4 Приведен контроль технического состояния клапанов управления форсунок с электрогидравлическим управлением по величине объема сливаемого топлива из штуцера форсунки или электронного датчика для измерения малых расходов топлива.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Марденский, В. П.** Топливная аппаратура судовых дизелей / В. П. Марденский. – 2-е изд. – М. : Транспорт, 1973. – 168 с.
- 2 **Михайлова, Л. Ю.** Диагностика форсунки дизеля по анализу хода иглы и утечкам топлива / Л. Ю. Михайлова // Вестник инновационного евразийского университета. – Павлодар, 2011. – № 3 (43). – С. 99–105.
- 3 **Ордабаев, Е. К., Ахметов, С. И., Есаулков, В. С.** О расширении возможностей метода рециркуляции отработавших газов в поршневом двигателе внутреннего сгорания // Наука и техника Казахстана. – 2019. – № 1. – С. 22–26.
- 4 **Волкова, Л. Ю.** Совершенствование диагностирования технического состояния форсунок тепловозных дизелей: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22. 07 / Волкова Лариса Юрьевна, Омск, 2014. – 19 с.
- 5 **Химмотология: учебное пособие** / Ю. П. Макушев, Л. Ю. Михайлова, А. В. Филатов. – Омск : СибАДИ, 2010. – 160 с.
- 6 **Гуревич Д.Ф.** О роли зазора в распылителе / Д.Ф. Гуревич. «Известия вузов. Машиностроение», 1963, № 8. – С. 81–85.
- 7 **Макушев, Ю. П.** Расчет систем и механизмов двигателей внутреннего сгорания математическими методами: учебное пособие / Ю. П. Макушев, Т. А. Полякова, Л. Ю. Михайлова, А. В. Филатов. – Омск : СибАДИ, 2011. – 284 с.
- 8 Системы подачи топлива и воздуха дизелей : учебное пособие / Ю.П. Макушев, А.П. Жигадло, Л.Ю. Волкова. – Омск : СибАДИ, 2017. – 208 с.
- 9 Системы питания дизелей [Электронный ресурс] : монография / Ю.П. Макушев, Л.Ю. Волкова, А.П. Жигадло: кафедра «Тепловые двигатели и автотракторное электрооборудование». – Омск : СибАДИ, 2017. – 168 с. Режим доступа : <http://lib.sibadi.org/books/ed2228>.
- 10 **Губертус, Гюнтер.** Диагностика дизельных двигателей. Серия «Автомеханик»; пер. с нем. Ю.Г. Грудского. – М. : ЗАО КЖИ «За рулем», 2004. – 176 с.
- 11 **Волкова, Л. Ю., Макушев Ю. П.** Диагностирование процесса подачи топлива в дизелях // Наука и техника Казахстана. – 2018. – № 2. – С. 19–29.
- 12 **Уве, Рокш.** Бортовая диагностика. Перевод с нем. ООО «СтарСПб». М. : ООО, Изд-во «За рулем», 2013. – 224 с.
- 13 **Макушев, Ю. П., Рындин, В. В., Волкова, Л. Ю.** Особенности эксплуатации топливной аппаратуры дизеля с замкнутым объёмом форсунок // Наука и техника Казахстана. – 2019. – № 3. – С.

Материал поступил в редакцию 16.12.19.

**Волкова Лариса Юрьевна**

т.ғ.к., доцент, «Кемелік энергетикалық қондырғылар және жылуэнергетикасы» кафедрасы,  
Калининград мемлекеттік техникалық университеті,

Калининград қ., 236000, Ресей Федерациясы,  
e-mail: volkova0969@mail.ru.  
Материал баспаға 16.12.19.түсті.

### **Күштік диагноз дизельді сұйықтықты отынның үстіне қою дайындаудан**

*Гидромеханикалық бақылаумен шашатын қондырғылардан отын ағып кету шамасы арқылы иенің және саңылау денесінің арасындағы ашақтықты анықтауға мүмкіндік беретін әдіс ұсынылады. Электр гидравликалық бақыланытын шашатын иелерімен отын жабдықтары үшін клапан арқылы шығарылатын отынды есептеу жүргізілді, аккумулятордағы қысымды, саңылаудағы және «поршенді басқару пульті» жұбының босағасына байланысты отын ағуы анықталды. Басқару клапандарының техникалық жай-күйін саптамасынан шығарылатын отын көлеміне бақылау жүргізіледі. Жанармайдың ағып кетуін үзік-үзік қадағалау үшін шашатын немесе отынның электромагнитті бақылауы бар ағуы құбырынан шығарылған отынның көмегімен жанармайдың төмен шығынын өлшеуге және оның мәнін жазып алуға болады.*

*Кілтті сөздер: шашатын, диагностикалау, ағып кету, тазарту, бақылау клапаны*

#### ***Volkova Larisa Yurevna***

Candidate of Engineering Sciences,  
Associate Professor Department of Ship Power Stations and Power System,  
Kaliningrad State Technical University,  
Kaliningrad, 236000, Russian Federation,  
e-mail: volkova0969@mail.ru.  
Material received on 16.12.19.

### **The diagnosis of diesels injectors on the volume of fuel drained from the drain line**

*A method that allows for the largest leaks of fuel from the injectors with hydromechanical control to determine the gap between the needle and the nozzle body. For fuel with electrohydraulic control apparatus needle injectors have been calculated by the discharged fuel valve, fuel leakage determined depending on the pressure in the accumulator, the gap in the nebulizer and the pair of "control piston - guided". An inspection of technical condition of largest amount of drained fuel control valve of the injector nozzle. For continuous monitoring of fuel leaks through the gap in the sprayer or the fuel drained from the drain line of the nozzle with electromagnetic control, a device with a sensor for measuring small fuel consumption and recording its value is offered.*

*Keywords: spray nozzle, diagnostics, leak, gap, control valve.*

**Певнев Николай Гаврилович**

д.т.н., профессор, кафедра «Эксплуатация и ремонт автомобилей»,  
Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ).  
г. Омск, 644080, Российская Федерация,  
e-mail: pevnev\_ng@sibadi.org

**Василиненко Эльмира Рашидовна**

к.т.н., доцент, кафедра «Эксплуатации и ремонта автомобилей»,  
Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ).  
г. Омск, 644080, Российская Федерация,  
e-mail: elfs2004@yandex.ru

**Макушев Юрий Петрович**

к.т.н., доцент, кафедра «Тепловые двигатели и автотракторное электрооборудование»,  
Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ),  
г. Омск, 644080, Российская Федерация,  
e-mail: makusev321@mail.ru

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СОСТОЯНИЯ СЖИЖЕННОГО  
УГЛЕВОДОРОДНОГО ГАЗА С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
ВРЕМЕНИ ЕГО СЛИВА ИЗ АВТОМОБИЛЬНОГО БАЛЛОНА**

*Приведена модернизированная система питания двигателя на сжиженном углеводородном газе (пропане и бутане), позволяющая при аварийных ситуациях, ремонтных работах сливать топливо из автомобильного баллона на специализированных постах, уменьшая загрязнение окружающей среды и расход топлива. Дана методика определения времени слива топлива из баллона, продолжительность которого зависит от конструктивных параметров сливной магистрали, объёма газового топлива в баллоне, давления в нем. Определены закономерности изменения плотности, энтальпии жидкой и паровой фаз сжиженного углеводородного газа, скорости и времени истечения потока газа при сливе в зависимости от температуры окружающей среды.*

*Ключевые слова: сжиженный углеводородный газ, автомобильный баллон, слив газа, давление насыщенных паров, молярная доля, двухфазная система, энтальпия.*

**ВВЕДЕНИЕ**

Широкое применение в двигателях внутреннего сгорания получили два вида газообразного топлива – сжиженный нефтяной газ (СНГ) и сжатый природный газ (СПГ). В таблице 1 даны характеристики газов, применяемых в качестве топлив в двигателях внутреннего сгорания [1].

Автомобильная газобаллонная установка рассчитана на подачу топлива в камеру сгорания под действием давления паров газа в баллоне. В этой связи величина давления насыщенных паров имеет важное эксплуатационное значение.

Давление насыщенных паров – давление, при котором жидкость и газ находятся в термодинамическом равновесии, жидкость не испаряется, газ не конденсируется. Его можно определить, как давление, при котором при данной температуре жидкость вскипает.

Таблица 1 – Параметры газов

Параметры	Метан	Этан	Пропан	Бутан
1. Молекулярная формула	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>
2. Молярная масса, кг / кмоль	16	30	44	58
3. Плотность жидкой фазы, кг/м <sup>3</sup> , при 20 °С	–	540	580	600
4. Теплотворная способность				
МДж/кг	49,7	47,1	45,9	45,4
МДж/м <sup>3</sup>	33,8	59,9	85,6	111,6
5. Необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг топлива	17,2	16,8	15,7	15,6
6. Температура самовоспламенения, °С	680 –750	650 –580	510 –580	475– 510
7. Октановое число по моторному методу	110	108	105	94

Зависимость давления насыщенных паров пропана и бутана мало изменяется от температуры, что позволяет хранить сжиженные газы в баллонах при давлении 1,6 МПа. Для перевода в жидкое состояние пропана и бутана достаточно при 20 °С повысить давление соответственно на 0,8 и 0,2 МПа.

По ГОСТ Р 52087–2003. Газы углеводородные сжиженные топливные. Технические условия на автомобилях применяют в качестве топлива пропан автомобильный (ПА), 85±10 % пропана, остальное бутан (для зимних условий), пропан-бутан автомобильный (ПБА), 50 ±10 % пропана, остальное бутан [1] (таблица 2).

Таблица 2 – Характеристики сжиженных газов

Содержание газов, %	ПА (зимний)	ПБА
Пропан	90	40
Бутан	5	55
Метан, этан, этилен	5 (3,1,1)	5 (3,1,1)

При ёмкости баллонов 50 л их заполняют на 45 л, обеспечивая запас 10 % в связи с расширением газа при повышении температуры.

При нормальных атмосферных условиях пропан и бутан это газы, а циклопентан, гексан, бензин – жидкости. Если в углеводородной молекуле до 4 атомов углерода – это газ, а 5 и более – жидкость. Газы при повышении давления выше значений, указанных в таблице 3, превращаются в жидкость, а жидкости (циклопентан, гексан, бензин) при снижении давления превращаются в газ.

Пропан-бутановую смесь хранят в жидком состоянии в баллонах под давлением 1,6 МПа. При снижении давления жидкая смесь переходит в

газообразное состояние. Газ под действием перепада давления поступает в камеру сгорания, например, двигателя внутреннего сгорания и, смешиваясь с воздухом, образует горючую смесь. Смесь воспламеняется от искры, сгорает с повышением температуры и давления, совершая работу.

Таблица 3 – Давление насыщенных паров

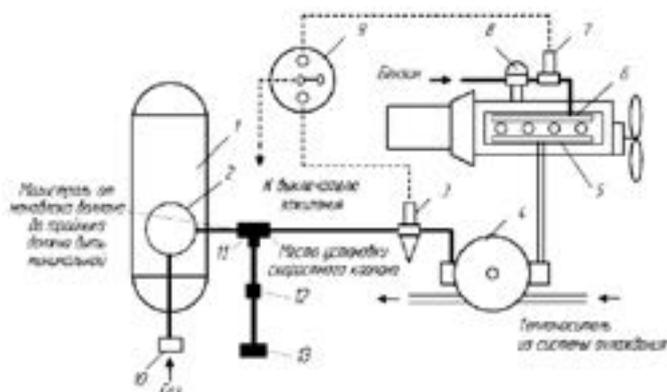
Температура, °C	Давление, МПа				
	Пропан C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	Бутан C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	Циклопентан C <sub>5</sub> H <sub>10</sub>	Гексан C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	Бензин Аи-80
плюс 40	1,6	0,4	0,11	0,037	0,065
плюс 20	1,0	0,2	0,055	0,016	0,04
0	0,6	0,1	0,023	0,003	0,02
минус 20	0,3	0,05	–	–	0,006
минус 40	0,2	0,025	–	–	0,0

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Технологический процесс слива сжиженного углеводородного газа (СУГ) из автомобильных газовых баллонов является одной из специфических операций при технической эксплуатации газобаллонных автомобилей (ГБА). Согласно требованиям нормативной документации, касающейся технической эксплуатации ГБА, слив СУГ можно производить только на специализированных постах слива СУГ, располагаемых на АГЗС, либо на АТП. При этом система питания ГБА с автомобильным газовым баллоном, оборудованным мультиклапаном, должна быть дооборудована магистралью слива СУГ (рисунок 1) [2].

Полный слив СУГ из автомобильного газового баллона возможно выполнить только путём выдавливания из него избыточным давлением и перемещения в сливной резервуар жидкой фазы СУГ. Основными технологическими параметрами такого процесса слива являются: время и перепад давления, необходимый для слива жидкой фазы. Эти параметры обуславливают продолжительность полного слива СУГ из автомобильного газового баллона, а значит, и время нахождения автомобиля на посту слива.

СУГ представляет собой двухфазную смесь жидкость – пар (газ). При этом пары сжиженных газов находятся в насыщенном состоянии только в том случае, если имеется свободная поверхность жидкости данного вещества в замкнутом пространстве, т.е. когда существует одновременно две фазы – жидкая и паровая. Эта двухфазная система может существовать лишь при температуре, которой будет отвечать определённая упругость паров, и, наоборот, при заданной упругости насыщенного пара система жидкость – пар может существовать только при определённой температуре [3].



- 1 – газый баллон; 2 – мультыклапан; 3 – магистральный газый клапан;  
 4 – газый редуктор; 5 – рампа газоя; 6 – рампа бензиноя;  
 7 – бензиновый клапан; 8 – бензонасос; 9 – тумблер переключения вида  
 питания; 10 – выносное заправочное устройство (ВЗУ);  
 11 – тройник со скоростным клапаном; 12 – вентиль слива газа;  
 13 – ВЗУ без обратного клапана для слива газа

Рисунок 1 – Принципиальная схема модернизированной системы питания двигателя газом в случае использования баллона с мультыклапаном

Процесс выдавливания жидкой фазы СУГ из автомобильного газого баллона в сливной резервуар является адиабатическим, т.к. передачи тепла от молекул газа стенкам сливной магистрали не происходит [4]. Никакие химические реакции в газого баллоне не происходят, меняются только параметры жидкой и паровой фазы. При этом основными параметрами состояния смеси СУГ в газого баллоне являются абсолютное давление  $p$ , плотность  $\rho$  и абсолютная температура  $T$ . Эти три параметра носят название термодинамических параметров состояния [5]. Для полной характеристики состояния жидкой и паровой фаз СУГ необходимо знать величину давления  $p$  и плотности  $\rho$ .

Сжиженные углеводородные газы взаимно растворяются друг в друге, образуя механическую смесь, поэтому к ним при незначительно высоких давлениях с достаточной точностью (для практических вычислений) применим закон Рауля (закон аддитивности, прибавляемости) [6]:

$$P_i = P_i^* \times \mu_i \quad (1)$$

где  $P_i$  – парциальное давление пара каждого компонента жидкой смеси, Па;  
 $P_i^*$  – упругость паров (давление насыщенных паров) чистого компонента  $i$ ;  
 $\mu_i$  – молярная доля компонента  $i$  в жидкой смеси.

На рисунке 2 приведена зависимость упругости паровой фазы СУГ от температуры  $t$ , °C.

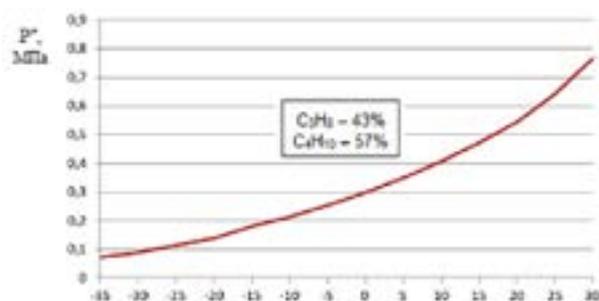


Рисунок 2 – Зависимость упругости паровой фазы СУГ от температуры  $t$ , °C

Парциальное давление (от лат. **partialis** – частичный, часть) – называется давление газа, которое оказывал бы компонент смеси, если бы он один занимал объем, предназначенный для смеси, при температуре смеси [7–9].

Для определения термодинамических показателей жидкой и паровой фазы смеси СУГ были определены концентрации компонентов в жидкой и паровой фазах в молярных долях для диапазона температур от минус 35 до плюс 30 °C при следующих массовых долях компонентов:  $C_3H_8$  – 43 %,  $C_4H_{10}$  – 57 % [6, 10, 11].

Для определения плотности жидкой фазы СУГ при заданном компонентном составе и температуре окружающего воздуха необходимо знать плотность её компонентов (таблица 4). Плотность компонентов СУГ при температуре воздуха от минус 35 °C до плюс 30 °C указана в таблице 5 [12].

Таблица 4 – Определение концентрации компонентов паровой и жидкой фаз СУГ в молярных долях и общей упругости паров

Температура $t$ , °C	Концентрация пропана в равновесной паровой фазе $\mu C_3H_8$	Концентрация бутана в равновесной паровой фазе $\mu C_4H_{10}$	Концентрация пропана в равновесной жидкой фазе $\mu C_3H_8$	Концентрация бутана в равновесной жидкой фазе $\mu C_4H_{10}$	Общая упругость паровой фазы СУГ $p$ , МПа
-35	1	–	–	1	0,072
-30	1	–	–	1	0,089
-25	1	–	–	1	0,106
-20	1	–	–	1	0,127
-15	0,857	0,143	0,187	0,813	0,180
-10	0,854	0,146	0,191	0,809	0,214
-5	0,848	0,152	0,198	0,802	0,254
0	0,843	0,157	0,204	0,796	0,299
5	0,838	0,162	0,210	0,790	0,350
10	0,835	0,165	0,214	0,786	0,407
15	0,830	0,170	0,220	0,780	0,471
20	0,827	0,173	0,224	0,776	0,544
25	0,823	0,177	0,228	0,772	0,624
30	0,763	0,237	0,233	0,767	0,764

Средняя плотность жидкой фазы СУГ определяется по правилу смешения [6]:

$$\rho_{см} = \frac{100}{g_1/\rho_1 + g_2/\rho_2 + \dots + g_n/\rho_n} \quad (2)$$

где  $g_1, g_2, \dots, g_n$  – массовая доля компонента смеси, %;  
 $\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n$  – плотность компонента смеси при данной температуре, кг/м<sup>3</sup>.

Расчётные значения плотности жидкой фазы пропана, бутана и СУГ приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Плотность жидкой фазы СУГ в г/см<sup>3</sup> (0,573 г/см<sup>3</sup> = 573 кг/м<sup>3</sup>)

Температура t, °С	Плотность пропана $\rho_{пропан}$ , Г/СМ <sup>3</sup>	Плотность бутана $\rho_{бутан}$ , Г/СМ <sup>3</sup>	Плотность СУГ $\rho$ , Г/СМ <sup>3</sup>
-35	0,573	0,637	0,601
-30	0,568	0,632	0,596
-25	0,562	0,627	0,590
-20	0,556	0,622	0,585
-15	0,549	0,617	0,578
-10	0,543	0,611	0,572
-5	0,536	0,607	0,566
0	0,530	0,601	0,560
5	0,523	0,596	0,554
10	0,516	0,590	0,548
15	0,509	0,585	0,541
20	0,501	0,579	0,534
25	0,493	0,573	0,527
30	0,485	0,567	0,520

К параметрам состояния газа относятся внутренняя энергия  $U$ , энтальпия  $H$  и энтропия  $S$ . Энтальпия, или общее теплосодержание системы, представляет собой количество теплоты, необходимое для повышения температуры 1 кг вещества от абсолютного нуля до заданной температуры, т.е. является функцией температуры и давления [4]. Энтальпия – аддитивная функция, т. е. энтальпия всей системы равна сумме энтальпий составляющих её частей [3]. Энтальпия системы определяется суммированием энтальпий парогазовой и жидкой фаз с учётом компонентного содержания:

$$H = H_n + H_{ж} \quad (3)$$

где  $H_n$  – энтальпия паровой фазы СУГ, кДж;  
 $H_{ж}$  – энтальпия жидкой фазы, кДж.

Энтальпия паровой и жидкой фаз СУГ равны:

$$H_{ж} = C_{ржi} \times \mu_i \times T \tag{4}$$

$$H_{ж} = C_{ржi} \times \mu_i \times T \tag{5}$$

где  $C_{ржi}$  – удельная массовая теплоёмкость компонента  $i$  парогазовой смеси при постоянном давлении, Дж / (кг · К);

$C_{ржi}$  – теплоёмкость компонента  $i$  жидкой смеси, Дж / (кг · К);

$\mu_i$  – молярная доля компонента  $i$  в смеси.

Теплоёмкости жидкой и паровой фазы смеси СУГ зависят от концентрации компонентов смеси в жидкой и паровой фазах. Теплоёмкость  $C_p$  компонентов пропана и бутана в жидком и газообразном состоянии в зависимости от температуры и давления смеси выбраны из справочника [13] и представлены в таблице 6.

Теплоёмкость парогазовой и жидкой фаз СУГ определяется из выражения [3]:

$$C_p = C_i \times \mu_i \tag{6}$$

где  $C_i$  – теплоёмкость компонента  $i$  жидкой смеси, Дж / (кг · К);

$\mu_i$  – молярная доля компонента  $i$  в жидкой смеси.

Таблица 6 – Теплоёмкость паровой и жидкой фаз пропана, бутана и СУГ (1 кал = 4,18 Дж)

Температура $t$ , °С	Тепло-ёмкость паровой фазы пропана $C_p$ , кал/ (г·°С)	Тепло-ёмкость паровой фазы бутана $C_p$ , кал/ (г·°С)	Тепло-ёмкость паровой фазы СУГ $C_p$ , кал/ (г·°С)	Тепло-ёмкость жидкой фазы пропана $C_p$ , кал/(г·°С)	Тепло-ёмкость жидкой фазы бутана $C_p$ , кал/ (г·°С)	Тепло-ёмкость жидкой фазы СУГ $C_p$ , кал/ (г·°С)
-35	0,344	-	0,344	-	0,516	0,516
-30	0,347	-	0,347	-	0,521	0,521
-25	0,364	-	0,364	-	0,525	0,525
-20	0,365	-	0,365	-	0,530	0,530
-15	0,366	0,361	0,365	0,545	0,534	0,535
-10	0,368	0,366	0,368	0,550	0,539	0,540
-5	0,381	0,371	0,379	0,556	0,544	0,546
0	0,391	0,376	0,388	0,565	0,549	0,551
5	0,401	0,381	0,396	0,574	0,554	0,557
10	0,411	0,386	0,405	0,587	0,559	0,563
15	0,417	0,391	0,411	0,599	0,565	0,570
20	0,435	0,396	0,425	0,615	0,571	0,578
25	0,437	0,401	0,428	0,631	0,576	0,585
30	0,472	0,406	0,450	0,648	0,581	0,592

Энтальпия паровой и жидкой фаз СУГ в баллоне с учётом компонентного содержания представлена в таблице 7 и на рисунке 3.

Таблица 7 – Энтальпия паровой и жидкой фаз смеси СУГ в баллоне

Температура t, °С	Энтальпия паровой фазы СУГ <sub>п</sub> , кДж/кг	Энтальпия жидкой фазы СУГ <sub>ж</sub> , кДж/кг	Энтальпия СУГ в баллоне Н, кДж/кг
-35	343,8	515,8	859,6
-30	354,1	531,8	885,9
-25	379,1	546,9	926
-20	387,8	563,2	951
-15	395,5	580,2	975,7
-10	406	597	1003
-5	426,4	614,2	1040,6
0	444,5	632	1076,5
5	462,8	650	1113
10	481,5	669,5	1151
15	496,8	689,7	1186,5
20	523,5	711,1	1234,6
25	535,7	731,9	1267,6
30	573,3	753,3	1326,6

Для определения скорости потока СУГ в каналах системы слива используем закон сохранения энергии для адиабатического процесса. Баланс энергии адиабатического процесса описывается уравнением Бернулли [14]:

$$H = \frac{\vartheta^2}{2} + H_s = \text{const}, \quad (7)$$

где  $\vartheta$  – скорость течения газа, м/с;

$H$  – энтальпия в сечении потока, кДж/кг;

$H_0$  – полная энтальпия газа в баллоне, кДж/кг.

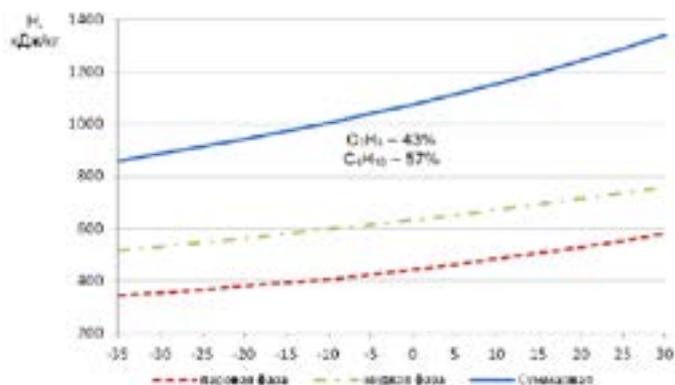


Рисунок 3 – Зависимость энтальпии СУГ от температуры окружающего воздуха  $t$ , °C

Следует напомнить, что удельная работа Дж/кг равна  $\vartheta^2/2$  (так как  $Dж = Н \cdot м$ , а  $Н = кг \cdot м/с^2$ ). Величина  $\vartheta^2/2$  представляет собой кинетическую энергию единицы массы газа.

Из формулы (7) следует, что максимальная скорость потока достигается в том случае, когда энтальпия потока равна нулю, т.е. когда полная энтальпия целиком расходуется на кинетическую энергию перемещения массы газа в соответствии с уравнением:

$$\frac{\vartheta^2}{2} = H_0, \tag{8}$$

Таким образом, максимально возможная теоретическая скорость потока СУГ в отверстии определяется:

$$\vartheta_{max} = \sqrt{2H_0}. \tag{9}$$

На рисунке 4 представлена зависимость скорости потока СУГ от температуры.

Минимально возможное время слива СУГ  $\tau_{min}$  зависит от объема СУГ в баллоне и определяется из условия постоянства расхода через ВЗУ слива. Минимальное время слива топлива в секундах СУГ рассчитывается по формуле:

$$\tau_{min} = \frac{V}{\vartheta_{max} \cdot S}, \tag{10}$$

где  $V$  – объем СУГ в баллоне  $м^3$ ;

$S$  – площадь сечения заборной трубки баллона,  $м^2$ ;

$\vartheta_{max}$  – максимальная теоретическая скорость потока газа в заборной трубке.

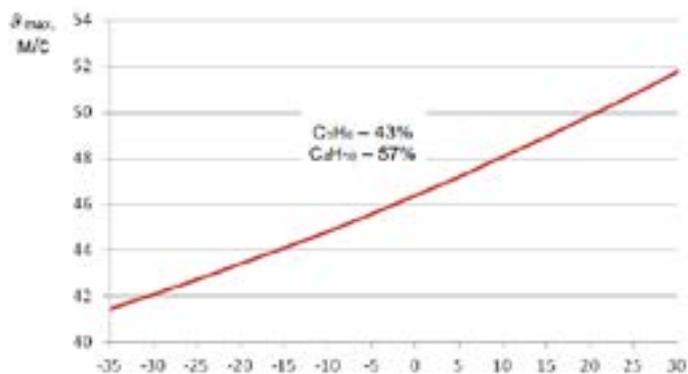


Рисунок 4 – Зависимость максимальной скорости потока СУГ от температуры окружающего воздуха, °С

На рисунке 5 приведено время слива СУГ из баллонов различного объёма в зависимости от температуры окружающего воздуха.

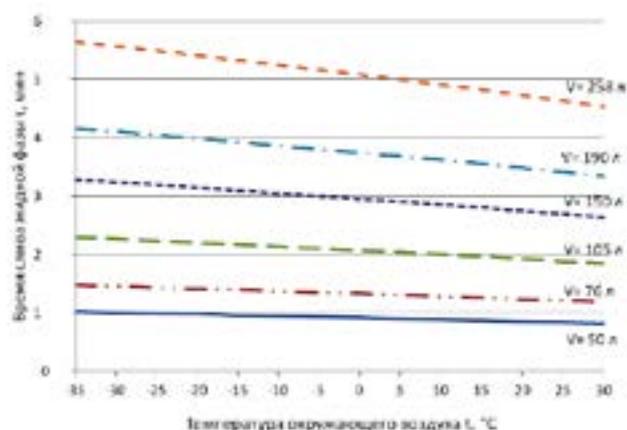


Рисунок 5 – Зависимость теоретического времени слива СУГ из баллонов различного объёма от температуры окружающего воздуха (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> – 43 %, C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> – 57 %, перепад давления ΔP = 1,6 МПа, внутренний диаметр трубки 6 мм)

Действительное время слива сжиженного газа может значительно превышать значение теоретического времени слива, зависящее от перепада давления в автомобильном баллоне и приёмном резервуаре. Перепад давления ΔP в процессе слива топлива будет уменьшаться, что приведёт к снижению скорости истечения топлива и увеличению времени слива. Время слива будет значительно больше также при учёте потерь энергии в местных сопротивлениях (тройник, вентиль, выносное заправочное устройство) и по длине сливной магистрали.

Объём приёмного резервуара должен быть в несколько раз больше объёма баллона, из которого сливается сжиженный газ.

## ВЫВОДЫ

1 В результате проведённых исследований определены изменение плотности сжиженного газа, его энтальпии в диапазоне температур от плюс 30 до минус 35 °С, который является характерным для условий эксплуатации в сибирском регионе.

2 Термодинамические показатели смеси газа, приведённые на рисунках 4 и 5, позволяют определить теоретическую скорость истечения газовой смеси и время слива определённого объёма газа из баллона при различной температуре окружающей среды.

3 При заданных конструктивных параметрах системы слива (диаметр трубки, длина трубопровода) и составе газа с содержанием пропана и бутана, анализ исследований показал, что время опорожнения баллона заданного объёма практически не зависит от температуры окружающего воздуха.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Химмотология: учебное пособие / Ю. П. Макушев, А. П. Жигadlo, Л. Ю. Волкова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Омск : СибАДИ, 2019. – 160 с.

2 Полезная модель 90137 РФ : МПК F 02 M 21/02 : Двухтопливная система питания двигателя / Н. Г. Певнев, Э. Р. Раенбагина, А. П. Елгин ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО СибАДИ. – № 2009132044/22; заявл. 25.08.2009 ; опубл. 27.12.2009, Бюл. № 36.

3 **Кудинов, В. А.** Техническая термодинамика : учебное пособие для вузов / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов. – М. : Высшая школа, 2000. – 262 с.

4 **Ляшков, В. И.** Теоретические основы теплотехники : учеб. пособие. 2-е изд., стер. / В. И. Ляшков. – М. : Машиностроение-1, 2005. – 260 с.

5 Термодинамика. Часть 1. Основной курс : учебное пособие / В. П. Бурдаков и др. – М. : Дрофа, 2009. – 479 с.

6 **Стаскевич, Н. Л.** Справочник по сжиженным углеводородным газам / Н. Л. Стаскевич, Д. Я. Вигдорчик. – Л. : Недра, 1986. – 543 с.

7 **Рындин, В. В.** Теплотехника : монография. – Павлодар : Издательство «Кереку», 2007. – 460 с.

8 **Макушев, Ю. П., Рындин, В. В., Волкова, Л. Ю.** Особенности эксплуатации топливной аппаратуры дизеля с замкнутым объёмом форсунок // Наука и техника Казахстана. – 2019. – № 3. – С.

9 **Макушев, Ю. П., Абишев, К. К., Асыллова, К. Б.** Определение технико-экономических показателей двигателя внутреннего сгорания путём анализа его характеристик // Наука и техника Казахстана. – 2019. – № 4. – С.

10 **Банкет, М. В.** Обеспечение работоспособности газобаллонных автомобилей в условиях отрицательных температур окружающего воздуха : дис. канд. техн. наук : 05.22.10 / М. В. Банкет ; научн. рук. проф. Н. Г. Певнев ; СибАДИ. – Омск, 2012. – 146 с.

11 **Ордабаев, Е. К., Ахметов, С. И., Есаулков, В. С.** О расширении возможностей метода рециркуляции отработавших газов в поршневом двигателе внутреннего сгорания // Наука и техника Казахстана. – 2019. – № 1. – С. 22–26.

12 ГОСТ 28656-90. Газы углеводородные сжиженные. Расчетный метод определения плотности и давления насыщенных паров. Введ. 1991–07–01. – М. : Стандартинформ, 1990.

13 **Варгафтик, Н. Б.** Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей / Н. Б. Варгафтик. – М. : Физматгиз. – 1963. – 708 с.

14 **Христианович, С. А.** Прикладная газовая динамика / С. А. Христианович, В. Г. Гальперин, М. Д. Миллионщиков. – М. : ЦАГИ, 1948. – 144 с.

Материал поступил в редакцию 16.12.19.

***Певнев Николай Гаврилович***

т.ғ.д., профессор, «Автомобильдерді пайдалану және жөндеу» кафедрасы,  
Сібір мемлекеттік автомобиль-жол университеті (СибАДИ),  
Омск қ., 644080, Ресей Федерациясы,  
e-mail: pevnev\_ng@sibadi.org

***Василиненко Эльмира Рашидовна***

т.ғ.к., доцент, «Автомобильдерді пайдалану және жөндеу» кафедрасы,  
Сібір мемлекеттік автомобиль-жол университеті (СибАДИ),  
Омск қ., 644080, Ресей Федерациясы,  
e-mail: elfs2004@yandex.ru

***Макушев Юрий Петрович***

т.ғ.к., доцент, «Жылу қозғалтқыштары және  
автотракторлық электржабдықтары» кафедрасы,  
Сібір мемлекеттік автомобиль-жол университеті (СибАДИ),  
Омск қ., 644080, Ресей Федерациясы,  
e-mail: makusev321@mail.ru

Материал баспаға 16.12.19. түсті.

**Автомобиль баллонынан төгу уақытын анықтау  
мақсатында сұйытылған көмірсутек газының  
жай-күйінің параметрлерін зерттеу**

*Авариялық жағдайлар, жөндеу жұмыстары кезінде айналмалы ортаның ластануын және отыншығынын азайтып, мамандандырылған посттарда автомобиль баллонынан отынды төгуге мүмкіндік беретін сұйытылған көмірсутекті газдағы (пропан және бутандағы) қозғалтқышты қоректендірудің жаңғыртылған жүйесі келтірілген. Отынды баллоннан ағызу уақытын анықтау әдістемесі берілген, оның ұзақтығы құю магистралінің конструктивтік параметрлеріне, баллондағы газ отыншының көлеміне, ондағы қысымға байланысты. Сұйытылған көмірсутекті газдың сұйық және бу фазаларының тығыздығының, энтальпиясының, қоршаған ортаның температурасына байланысты төгу кезінде газ ағынының оту жылдамдығы мен уақытының өзгеру заңдылықтары анықталды.*

*Кілтті сөздер: сұйытылған көмірсутек газы, автокөлік баллоны, газ құю, қаныққан бу қысымы, молярлы күлес, екі фазалы жүйе, энтальпия*

***Pevnev Nikolai Gavrilovich***

Doctor of Technical Sciences, Professor  
Department of Operation and Repair of Cars,  
Siberian state Automobile and Road University (SibADI).  
Omsk, 644080, Russia Federation,  
e-mail: pevnev\_ng@sibadi.org

***Vasilinenko Elmira Rashidovna***

PhD., Associate Professor,  
Department of Operation and Repair of Cars,  
Siberian state Automobile and Road University (SibADI).  
Omsk, 644080, Russia Federation,  
e-mail: elfs2004@yandex.ru

***Makushev Yuri Petrovich***

PhD., Associate Professor, Department of heat engines and  
Automotive Electrical Equipment,  
Siberian state Automobile and Road University (SibADI).  
Omsk, 644080, Russia Federation,  
e-mail: makusev321@mail.ru

Material received on 16.12.19.

**Study of the parameters of the liquefied petroleum  
gas to determine the time of its discharge from car tank**

*The modernized engine power system on liquefied hydrocarbon gas (propane and butane) is shown, which allows to drain fuel from the automobile cylinder at specialized posts in emergency situations, repair work, reducing environmental pollution and fuel consumption. The method of determining the time of fuel discharge from the cylinder, the duration of which depends on the design parameters of the drain line, the volume of gas fuel in the cylinder, the pressure in it. The regularities of changes in the density, enthalpy of liquid and vapor phases of liquefied hydrocarbon gas, the rate and time of flow of gas at the discharge depending on the ambient temperature are determined.*

*Keywords: liquefied hydrocarbon gas, automobile cylinder, gas discharge, saturated vapor pressure, molar fraction, two-phase system, enthalpy.*

**Такібай Шайхслам Такібайұлы**

докторант, Архитектурно-строительный факультет,  
Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,  
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан,  
e-mail: takibai@mail.ru

**Саканов Куандық Темирович**

к.т.н., профессор, кафедра «Промышленное, гражданское и транспортное строительство»,  
Архитектурно-строительный факультет,  
Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,  
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан,  
e-mail: kuan\_altei@mail.ru

**Данзандорж Сунжидмаа**

д.т.н. (Ph.D), профессор,  
Уланбатырский ГУТиН,  
г. Улан-батыр, 16040, Монголия,  
e-mail: sunjidmaa@must.edu.mn

**ВЛИЯНИЕ РАЗНОВИДНОСТЕЙ ЗЕРНОВОГО СОСТАВА ЗОЛЫ ТЭС  
ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ И ПРОЧНОСТИ ГАЗОБЕТОНА**

*В статье рассматриваются вопросы, связанные с влиянием золоотходов, имеющих разновидность зернового состава на формирование структурной прочности газобетона. Приводятся результаты испытаний и анализ зернового состава золоотходов некоторых тепловых электростанций Казахстана и Монголии. В данных исследованиях большее внимание уделяется зависимости размеров зерносоостава золы к возрастной прочности газобетона. Также выполнен анализ и сравнение зерносоостава золы исследуемых тепловых электростанций на соответствие международным стандартным нормами и требованиям для использования в лёгких и ячеистых бетонных изделиях. В статье также выявлены отличия выбора оптимального вида зерносоостава золы для применения в составе раствора газобетона.*

*Ключевые слова: зерносоостав золы, прочность газобетона, стандартные нормы и требования.*

**ВВЕДЕНИЕ**

Разработан план стратегического развития строительной индустрии Казахстана, в котором поставили цель существенного увеличения использования производственных отходов, в том числе применение золошлаковых отходов тепловых электрических станций. В связи с этим, можно сэкономить расход цемента и условного топлива на обжиг портландцементного клинкера, что повлечёт за собой увеличение количества выбросов пыли и газообразных компонентов в атмосферу и окружающую среду.

В ходе опытов установлено, что максимальная прочность конструктивных ячеистых бетонов с содержанием от 40 до 45 % различных видов золоотходов ТЭЦ. Зона оптимума применяемого зернового состава золы характеризуется содержанием в нём фракций менее 0,14 мм – 35–58 %; 0,14–0,63 мм –

40–60 %; 0,63–5 мм – 0–3,61 %. Не совпадающий зерновые составы золы ТЭЦ для использования в составе легких бетонов по установленным международным стандартам касается в пределах золы I, II, III класса остатка на сите 45 мкм должны составлять не более 10, 25, 40 %. В частности, что касается фракций золы менее 0,14 мм способствующие улучшению структуры и прочности газобетона определяются методом лазерной дифракции (LSM24) при помощи прибора электрического сита виброгрохота ВГ 028М [1].

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Одним из наиболее важных вопросов в нынешней строительной отрасли является исследование и широкое применение промышленных отходов и местных природных материалов, позволяющие рационально использовать сырьевые и топливно-энергетические ресурсы.

Введение золы-уноса в оптимальном количестве не повышает водопотребность бетонных смесей, что объясняется оплавленностью и относительно правильной формой зёрен. При высокой дисперсности золы и незначительном содержании в ней несгоревшего угля удобоукладываемость смеси повышается. Введение золы-уноса способствует снижению водоотделения бетонной смеси. При близости нормальной плотности зольного и цементного теста и твердении бетона в нормальных условиях предполагается, что количество золы должно назначаться пропорционально проценту снижения излишней активности цемента [2–6].

Известно, что прочность ячеистого бетона определяется прочностью межпоровых перегородок. Определялись физико-механические характеристики на образцах бетона, полученного на основе шлака и золы. Образцы характеризуются наивысшей прочностью, наиболее интенсивный рост которых наблюдается в более отдалённые сроки твердения. В качестве активатора вспучивания неавтоклавного газобетона использовалась добавка частично гашеной извести и сульфата натрия [7–9].

Одним из основных показателей использования золы теплоэлектрических станций являются размеры зернового состава.

Цель этого исследования – получить результаты испытаний по прочности на сжатие, которые были получены на основе исследованных образцов с несколькими видами летучей золы ТЭС и ГРЭС. В нашем исследовании рассматривается влияние разнородного зернового состава летучей золы ТЭС Казахстана и Монголии на формирование структурной прочности газобетона.

В исследовании был определён зерновой состав и возможность использования золошлаковых отходов тепловых станций г. Павлодара, г. Екибастуза, ТЭС №4 и Амгалан г. Уланбатыр (Монголия). Исследование проводилось так же в рамках международного совместного проекта «1000 инженеров» в лаборатории строительных материалов Никонского университета Японии [1].

Зерновой состав определён методом лазерной дифракции (LSM24) при помощи прибора сит электрического виброгрохота ВГ 028М (рисунок 1).

Распределение зернового состава золы  
ТЭЦ Казахстана

Распределение зернового состава  
золы ТЭЦ Монголий

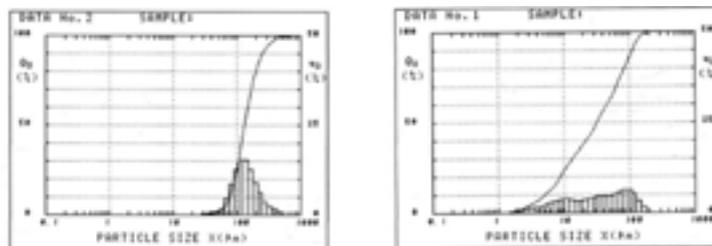


Рисунок 1 – Интеграл и дифференциал график распределение зернового состава золы ТЭЦ Казахстана и Монголии методом лазерной дифракций

Таблица 1 – Результат определения зернового состава летучей золы ТЭС методом лазерной дифракций

Крупность, размеры зёрен, мкм	Распределение выхода зёрен через сито, % по массе	
	Зола Казахстана (Екибастуз ГрЭС)	Зола Монголия (УБ, ТЭС-4)
<5	0	3,84
5-10	0	9,87
10-20	0,4	9,88
20-40	1,47	9,96
40-60	3,09	10,95
60-100	26,24	15,95
100-150	31,12	16,82
150-200	22,04	9,92
200-300	10,41	5,97
300-600	5,59	2,45
Σ	100	100

Таблица 2 – Результат определения зернового состава летучей золы ТЭС Монголии и Казахстана в лаборатории методом сит виброгрозот ВГ 028М

Название ТЭС	Диаметры сит, мм и остаток на сите, % (весовая доля)													
	3-6	2-3	1,5-2	1-1,5	0,6-1	0,4-0,6	0,2-0,4	0,315-0,4	0,315-0,2	0,1-0,2	0,16-0,2	0,1-0,16	0,05-0,1	<0,05
ТЭС-4 г. УБ					0,04		0,34				8,74		6,14	84,74

ТЭС Амгалан			0,06		0,05	0,33			3,17			93,8		
ГРЭС-2 г.Екибастуз	0	0	0	0	0,047	3,61		0,95	40,03		20,05	23,51	9,42	2,65
ТЭЦ-1 г. Павлодар		0,01	0,02	0,02	0,33	1,22		0,03	25,27		14,36	32,06	14,58	12,06

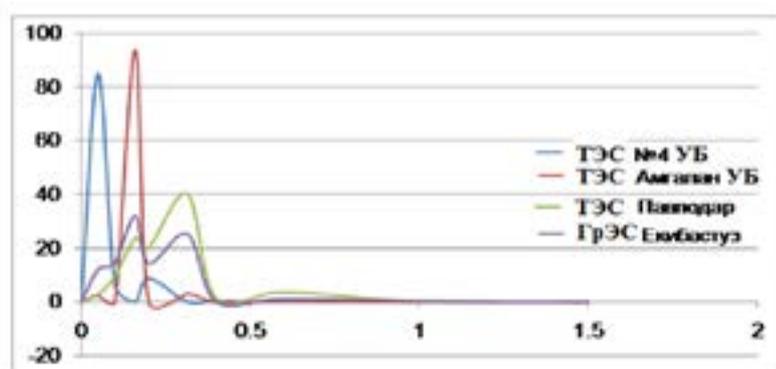


Рисунок 2 – Интеграл график распределения зернового состава золы ТЭС Казахстана и Монголии методом сит виброгрохот ВГ 028М

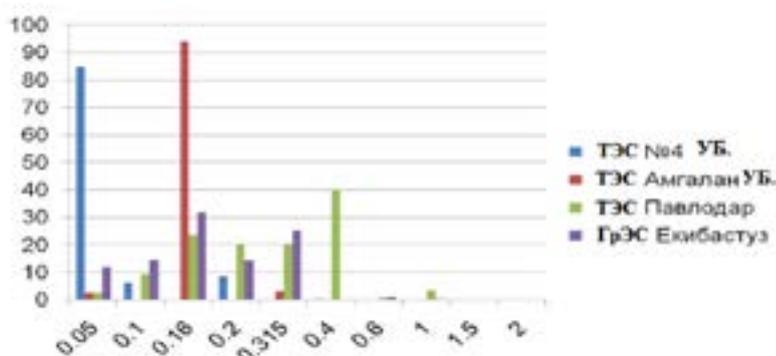


Рисунок 3 – Интеграл график распределения зернового состава золы ТЭС Казахстана и Монголии методом сит виброгрохот ВГ 028М

В приведённом выше анализе (таблица 1, 2) размер зернового состава золы лабораторным методом просеивания отличается от установленного метода лазерной дифракций, причина которого объясняется более эффективного разрушения (измельчения) частицы золы при подаче ультразвука в воду.

Результаты исследований по зерновому составу и требованию ГОСТ 25818-2017 и MNS 3927: 2015 золоотходы ТЭС Павлодара и Экибастуза относятся III-ому группе и в данном стандарте золы этой группы разрешается использование в составе ячеистому бетону III – для изделий и конструкций из ячеистого бетона по ГОСТ 25485 и ГОСТ 31359 золы Монголий ТЭС №4 и ТЭС Амгалан относятся I-ому группе [10, 11].

По используемым стандартам Монголии «MNS 3927:2015 Зола тепловых электростанций для использования в строительных материалах. Техническая требования» зерновые составы золоотходов I-ого класса теплоэлектрических станций для использования в лёгких, ячеистых бетонных изделиях, строительных растворах и сухих смесях, а также добавки минерального порошка в сырьё, для дорожной полотна и асфальтобетона при производстве зольной гальки и зольного кирпича размер остатка на сите 80 мкм должны быть не более 10 %. Для летучей золы ТЭС № 4 и Амгалан г. Уланбатыр этот показатель составляет соответственно – 12 % и 15 %

По стандарту Америки ASTM C618, Японии JIS A 6201 размер зернового состава золы I, II, III класса в виде остатка на сите 45 мкм должны составляет не менее 10, 25, 40 % Для золы ТЭС № 4 и ТЭС Амгалан проходящий через сито 45 мкм составляет соответственно 86 и 72 % [10].

По стандарту «MNS 3927:2015 зола тепловых электростанций для использования в строительных материалах. Техническая требования.» влажность золы I-го класса в зависимости от потери веса 1 %, 5 %. Для летучих зол теплоэлектростанций № 4 0,5%, и ТЭС Амгалан влажность составляет 0,15 %, потеря веса 0,45 %.

Таблица 3 – Зависимость возрастной прочности газбетона от типа золы ТЭС и ГрЭС

Летучая зола ТЭС, ГрЭС	Время формирования структуры и прочности зологазбетона, сутки					
	7		14		28	
	ρ, кг/м <sup>3</sup>	R, МПа	ρ, кг/м <sup>3</sup>	R, МПа	ρ, кг/м <sup>3</sup>	R, МПа
г. Павлодар	1345	1,83	1205	2,42	1172	2,75
г. Экибастуз	972	1,72	865	2,15	820	2,47
Уланбатыр №4	1257	3,86	1186	5,17	1169	5,68
Амгалан	1174	2,29	1069	2,99	1058	3,33

В таблице 3 представлены результаты испытаний возрастной прочности на сжатие и плотность образцов имеющих одинаковый оптимальный состав полученные из разного зернового состава летучей золы ТЭС. Влияние золы на прочность и плотность газбетона разные.

### ВЫВОДЫ

В результате опытов установлено, что максимальная прочность конструктивных ячеистых бетонов с содержанием менее 0,05 мм – 84,7 % и менее 0,2 мм – 93,8 % мелким зерновым составом летучей золы теплоэлектростанций №4 и Амгалан г. Уланбатыр. Летучая зола теплоэлектрической станций Экибастуза имеет

более крупный зерновой состав и меньшую плотность соответствует требованиям стандарта газобетона (таблица 2, 3; рисунки 1, 2, 3).

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Atsushi Suzuki, Hiroo Kasima and Dinil Pushpala** Prediction model for compressive strength of concrete incorporated with Mongolian fly ash (Модель прогноза прочности на сжатие бетона, встроенного в монгольскую летучую золу) Бетоны олон улсын эрдэм шинжилгээний бага хурал. – Улаанбаатар, 2018 он. 57–65 х.

2 **Дворкин, Л. И., Пашков, И. А.** Строительные материалы из промышленных отходов. – Киев : Вища шк., 2008. – 142 с.

3 **Курманов, А. К., Аипов, А. М.** Перспектива развития строительства с применением ячеистого бетона с использованием отходов промышленности // Наука и техника Казахстана. – 2019. – № 1. – С. 62–68

4 **Касенов, А. Ж., Тлеулесов, А. К., Ахметбек, А. Н.** Производство бетона из отходов АО «Алюминий Казахстана» // Наука и техника Казахстана – 2018. – № 1 – С. 61–75

5 **Арынгазин, К. Ш., Ларичкин, В. В., Алдунгарова, А. К., Свидерский, А. К., Быков, П. О., Богомолов, А. В., Тлеулесов, А. К., Маусымбаева, Д. К.** Инновационное использование твёрдых техногенных отходов предприятий теплоэнергетики металлургии павлодарской области в производстве строительных материалов // Наука и техника Казахстана – 2016. – №3–4 – С. 34–39

6 **Акпар Д.Т., Вышарь О.В., Станевич В. Т.** Перспективы использования золы Аксуской ГРЭС в производства автоклавного газобетона // Наука и техника Казахстана. – 2019. – № 2. – С. 62-68

7 **Лотов В.А., Митина Н.А.** Формирование оптимальной пористой структуры газобетона неавтоклавного твердения // Известия вузов. Химия и химическая технология. – 2000. – Т. 43. – Вып. 3. – С. 118-119.

8 **Корниенко П.В., Тугумбаев Д.А., Ахметова У.Е., Атконова А.П.** Системный подход при проектировании бетона с требуемыми свойствами в железобетонных конструкциях // Наука и техника Казахстана. – 2018. – № 2. – С. 45-55

9 **Кривицкий М.Я., Левин Н.И., Макарычев В.В.** Ячейстые бетоны (технология, свойства и конструкции). – М.: Стройиздат, 1972. – 136 с.

10 **ГОС Т 25485, ГОСТ 31359; ASTM C618 Америка, JIS A 6201 Япония, MNS 3927:2015. Монголия** / Золоотходы ТЭС для изделий и конструкций из ячеистого бетона

11 **Иванов В.В., Вишня Б.Л., Цылкин Е.Б.** Увеличение потребления золошлаков – важнейший фактор снижения вредного воздействия ТЭС на окружающую среду // Энергетик. – 2010. – № 4. – С. 34–36.

***Takibai Shaikhsлам Takibaiұлы***

докторант, Сәулет-құрылыс факультеті,  
С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,  
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы,  
e-mail: takibai@mail.ru

***Sakanov Kuandyқ Temirovich***

т.ғ.к., профессор, «Өнеркәсіптік және көлік құрылысы» кафедрасы,  
Сәулет-құрылыс факультеті, «Сәулет және дизайн» кафедрасы,  
С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,  
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы,  
e-mail: kuan\_altei@mail.ru

***Danzandorж Sunжидмаа***

т.ғ.д. PhD, профессор,  
Ұланбатыр қ., 16040, Моңғолия  
e-mail: sunjidmaa@must.edu.mn  
Материал баспаға 16.12.19.түсті.

**Газ бетонның құрылымы мен беріктігін қалыптастыру  
үшін жэс күлінің әр түрлі астық құрамының әсері**

*Мақалада газ бетонның құрылымдық беріктігін қалыптастыруға астық құрамының әртүрлілігі бар күл қалдықтарының әсерімен байланысты мәселелер қарастырылады. Қазақстан мен Монғолияның кейбір жылу электр станцияларының күл қалдықтарының астық құрамын сынау және талдау нәтижелері келтіріледі. Осы зерттеулерде күлдің астық құрамы өлшемдеріне гаозбетонның жас беріктігіне тәуелділігіне көп көңіл бөлінеді. Сондай-ақ, зерттелетін жылу электр станциялары күлінің астық құрамын жеңіл және кеукті бетон бұйымдарында пайдалану үшін халықаралық стандартты нормалар мен талаптарға сәйкестігіне талдау және салыстыру жүргізілді. Мақалада сондай-ақ газ-бетон ерітіндісінің құрамында қолдану үшін күлдің оңтайлы түрін таңдаудың айырмашылықтары анықталды.*

*Кілтті сөздер: күлдің астық құрамы, газ бетонның беріктігі, стандартты нормалар мен талаптар.*

***Takibai Shaikhsлам Takibaiuly***

PhD Student, Department of Architecture and Civil Engineering,  
S. Toraighyrov Pavlodar State University,  
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan,  
e-mail: takibai@mail.ru

***Sakanov Kuandyқ Temirovich***

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
Department of Industrial,  
Civil and Transport Construction,  
S. Toraighyrov Pavlodar State University,  
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan,  
e-mail: kuan\_altei@mail.ru

---

---

***Danzandorzh Sunzhidmaa***

PhD, Professor,

Ulanbatar, 16040, Mongolia,

e-mail: sunjidmaa@must.edu.mn

Material received on 16.12.19.

**Influence of a variety of TPP ash grain composition  
to form the structure and strength of aerated concrete**

*The article deals with the issues related to the influence of ash wastes, which have a variety of grain composition on the formation of structural strength of aerated concrete. The results of tests and analysis of the grain composition of ash waste from some thermal power plants in Kazakhstan and Mongolia are presented. In these studies, more attention is paid to the dependence of the size of the grain composition of sols to the age strength of the concrete. Also, the analysis and comparison of the grain composition of the ash of the studied thermal power plants for compliance with international standards and requirements for use in light and cellular concrete products. The article also reveals the differences in the choice of the optimal type of grain composition of sols for use in a solution of aerated concrete.*

*Keywords: grain composition of sols, strength of aerated concrete, standard norms and requirements.*

**Зарипов Рамис Юрисович**

докторант PhD, преподаватель,  
кафедра «Транспортна техника и логистика»,  
Факультет металлургии, машиностроения и транспорта,  
Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,  
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан,  
e-mail: ramis.zaripov@mail.ru.

**Ивашко Виктор Сергеевич**

доктор технических наук, профессор,  
Автотракторный факультет,  
Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, 220015, Республика Беларусь  
e-mail: ivashko47@mail.ru.

**Сембаев Нурболат Сакенович**

к.т.н., ассоц. профессор, кафедра «Транспортна техника и логистика»,  
Факультет металлургии, машиностроения и транспорта,  
Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,  
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан,  
e-mail: n.sembaev@mail.ru.

**Алина Енлик Армановна**

магистрант, кафедра «Транспортна техника и логистика»,  
Факультет металлургии, машиностроения и транспорта,  
Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,  
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан,  
e-mail: ekos\_23.93@mail.ru.

**Хайриден Айгерим Ерлановна**

магистрант, кафедра «Транспортна техника и логистика»,  
Факультет металлургии, машиностроения и транспорта,  
Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,  
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан,  
e-mail: aygerim94@mail.ru.

**К ВОПРОСУ ВНЕДРЕНИЯ ЭЛЕКТРОБУСОВ В ТРАНСПОРТНУЮ СИСТЕМУ ГОРОДА**

*В статье освещены проблемы, связанные с экологической безопасностью транспортных средств. В частности, вопрос загрязнения воздуха отработавшими газами городских маршрутных автобусов, который в настоящее время является очень актуальным.*

*Представлен анализ одного из относительно новых типов городского общественного транспорта – электробусов. Рассмотрен мировой опыт в переходе от дизельных автобусов к полностью электрическим. Пока этим видом транспорта в мире перевозится всего 3 % пассажиров. Преимущественно, конечно, в Европе, Северной Америке, Китае и Японии. Одной из проблем во внедрении электробусов является обеспечение инфраструктуры зарядными станциями в количестве, необходимом для бесперебойной работы маршрутов. Отражены варианты зарядки аккумуляторов, требования к зарядным станциям, сравнительные характеристики электробусов различных моделей и способов зарядки.*

*Ключевые слова: автобус, электробус, беспроводная зарядка, аккумулятор, передача энергии, шум, экологическая безопасность.*

## ВВЕДЕНИЕ

На долю мирового автомобильного транспорта приходится около 40 % глобального загрязнения атмосферы токсичными веществами. При сохранении современных тенденций роста парка и потребления нефтепродуктов к 2020 г. доля транспортных средств в общем объеме выбросов двуокиси углерода (CO<sub>2</sub>) может вырасти до 70 %.

Переход на общественный транспорт является едва ли не единственным реальным решением проблемы местных выбросов и методом достижения экологических целей. Позитивные действия по продвижению альтернатив для частного транспорта очень важны.

Широкое распространение на общественном транспорте дизельных двигателей объясняется тем, что они работают на сравнительно дешевой топливе, отличаются лучшей топливной экономичностью и меньшей токсичностью отработавших газов (ОГ). Однако и они не всегда удовлетворяют современным требованиям по токсичности [1].

Одиннадцать крупнейших городов мира, включая Лондон, Нью-Йорк, Лос-Анджелес, Пекин, Мадрид, Копенгаген, Кейптаун, постепенно двигаются к полному отказу от закупки дизельных автобусов к 2020 году [1].

Казахстан стал первым государством в Центральной Азии, создавшим организационно-правовую основу для перехода к «зеленому росту» через принятие ряда законодательных документов, в том числе Экологического кодекса (2007) [2], Закона о поддержке использования возобновляемых источников энергии (2009 год), и Концепции перехода к «зеленой экономике» (2013 год) [3].

Концепция по переходу Республики Казахстан к «зеленой экономике» закладывает основы для глубоких системных преобразований с целью перехода к экономике новой формации посредством повышения благосостояния, качества жизни населения Казахстана и вхождения страны в число 30-ти наиболее развитых стран мира при минимизации нагрузки на окружающую среду и деградации природных ресурсов.

Внедрение в городах единиц общественного транспорта, не оказывающих отрицательного влияния на окружающую среду, можно считать большим шагом к «зеленой экономике».

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Одним из примеров «движения к зеленой экономике» можно привести приобретение в июле 2019 года электробусов в качестве основной массы подвижного состава автобусного парка №1 города Павлодар. Электробусы производства Китай марки ANKAI собраны на Костанайском заводе ТОО «СарыаркаАвтоПром» (рисунок 1). Приобрести их удалось благодаря лизинговой программе, которую осуществляет холдинг «Байтерек» и его дочерние компании АО «БРК Лизинг» и Банк развития Казахстана [4, 5].

Так как Павлодар является городом с большим количеством промышленных предприятий и высоким уровнем загрязнения воздуха, применение экологически

чистых видов транспорта является, несомненно, актуальным. Электробус является относительно новым типом подвижного состава, в связи с чем необходимо взвешенное и объективное обоснование выбора тех или иных возможных вариантов технических, технологических и других аспектов решения столь глобальной задачи. По сравнению с автобусом, оборудованным двигателем внутреннего сгорания, работающем на бензине, дизельном топливе или газе, электробус обладает рядом несомненных преимуществ. Он практически бесшумен, прост в управлении, надёжен и долговечен. Эксплуатация электробуса обходится гораздо дешевле, чем эксплуатация обычного автобуса с ДВС. Главное же достоинство электробуса – экологическая безопасность без привязки к проводам.

Электробус ANKAI имеет запас хода 200-250 км, время полной зарядки от 2 до 6 часов. Для зарядки на конечных остановках автобусных маршрутов установили проводные зарядные станции.



Рисунок 1 – Электробус ANKAI на станции зарядки



Рисунок 2 – Требования к зарядным станциям для электробусов

На первом этапе выясним, действительно ли электробусы бесшумны в эксплуатации. Для этого сделаем замеры шума в салоне автобусов ANKAI на 52

одном из маршрутов города Павлодар. Для сравнения выбраны электробус и дизельный автобус вышеупомянутой марки, выпущенные в одно и то же время и имеющие схожие характеристики. На рисунках 3 и 4 представлены полученные данные уровня шума.



Рисунок 3 – Уровень шума в электробусах ANKA1



Рисунок 4 – Уровень шума в дизельных автобусах ANKA1

Как видно из рисунков, разница в уровне шума составляет 10–12 дБ (децибел). Средний уровень шума при движении в транспортном потоке составляет 80–100 дБ. Значение уровня шума электробуса составляет 70–78 дБ, что можно сравнить с работой оргтехники в помещении или громким разговором. Отсюда делаем вывод, что электробусы ANKA1 не бесшумны, но уровень шума намного ниже дизельных автобусов.

На втором этапе исследования определим способы зарядки электробусов. Зарядные станции должны соответствовать ряду требований, представленных на рисунке 2, среди которых минимальный пробег без подзарядки не менее 40

км, наличие автономного дизельного отопителя, срок службы аккумуляторов не менее 15 лет и другие.

На данный момент существует два основных способа передачи электробусу энергии:

- зарядка от проводов, работающая по принципу троллейбуса, но не требующая для длительной работы постоянного контакта с электросетью;
- беспроводной способ зарядки с использованием явления электромагнитной индукции.

Электробусы с проводной зарядкой. Одним из самых распространённых и легко осуществимых на данный момент способов зарядки электробусов является способ, унаследованный у привычных всем троллейбусов - зарядка от токопроводящих линий, а также от специальных зарядных станций, которыми оборудуются автобусные остановки (рисунок 5). По данному способу заряжают электробусы в Павлодаре.

На электробусы ставится аккумулятор большой вместимости, позволяющий автобусу накапливать полученный заряд и определённое время работать автономно. На данный момент в электробусах чаще всего используются LTO (литий-титанатные) и LFP (литий-железо-фосфатные) аккумуляторы, так как стандартные Li-ion (литий-ионные) слишком быстро выходят из строя в условиях быстрой (от 5 минут до 1 часа) подзарядки током высокой мощности от специальных зарядных станций, и имеют меньший диапазон рабочей температуры [5].

Таблица 1 – Сравнительные модели электробусов

Производитель	Модель	Способ зарядки	Макс. скорость, км/ч	Вместимость, человек	Тип аккумулятора	Мощность, кВт	Запас хода, км	Скорость зарядки
ANKAI (Китай)	GE 93	Зарядная станция	69	32/80	LFP	100	220-280	2-6 часов
Drive Electro (Россия)	НефАЗ-52992	Зарядная станция и бортовое зарядное устройство	70	110	LFP	150	250	8 часов (30 минут от сети 500кВт)
Drive Electro (Россия)	КамАЗ-2257Э	Провода и зарядная станция	95	22	LTO	78	70	6-20 минут
Proterra (США)	Catalyst FC	Зарядная станция	105	77	LTO	220	320	90 минут

Scoda (Чехия)	PERUN HP	Зарядная станция	70	82	LiPol	160	150	70 минут
Volvo (Швеция)	Volvo 7900 Electric	Зарядная станция	80	105	LiPol	160	10 20	~6 минут
«МОБЭЛ» (Россия)	ЛиАЗ- 6274	Провода и зарядная станция	80	90	LiPol	180	200	6,5 часов
«Санрайз» (Украина)	Богдан А091	Провода и зарядная станция	80	46	LiPol	120	250	4-10 часов
«ТРОЛЗА» (Россия)	ТРОЛЗА -52501	Зарядная станция	60	98	LiPol	125	120	3 часа



Рисунок 5 – Проводные зарядные станции для электробусов

Сравнивая данные таблицы 1, можно сделать вывод, что электробусы ANKA I имеют хороший запас хода, среднюю скорость зарядки и мощность.

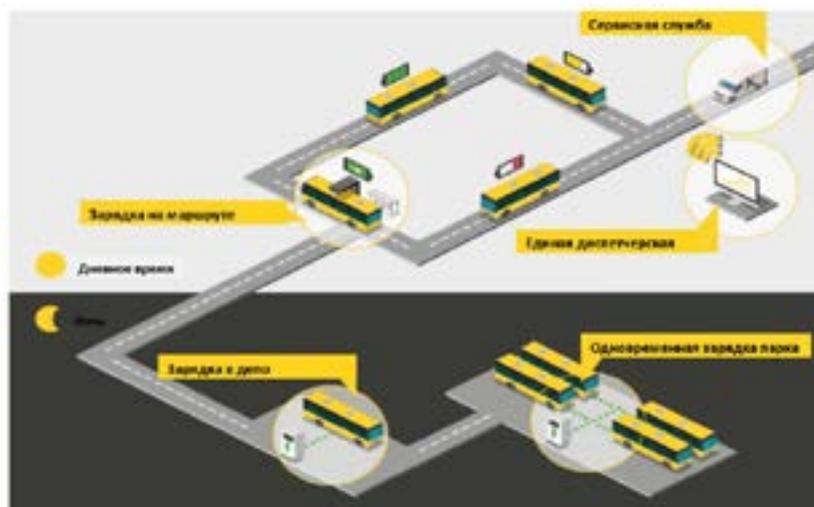


Рисунок 6 – Схема работы электробусов на маршруте

На рисунке 6 представлена схема, по которой организована зарядка электробусов в ТОО «Автобусный парк №1» города Павлодар.

Электробусы с беспроводной индукционной зарядкой. В таком случае зарядная станция, располагающаяся на автобусной остановке (рисунок 7), включает в себя индукционную катушку, вмонтированную в асфальт возле остановки; детектор транспорта с беспроводной системой связи; электротрансформаторный блок управления катушкой; холодильная установка блока управления.

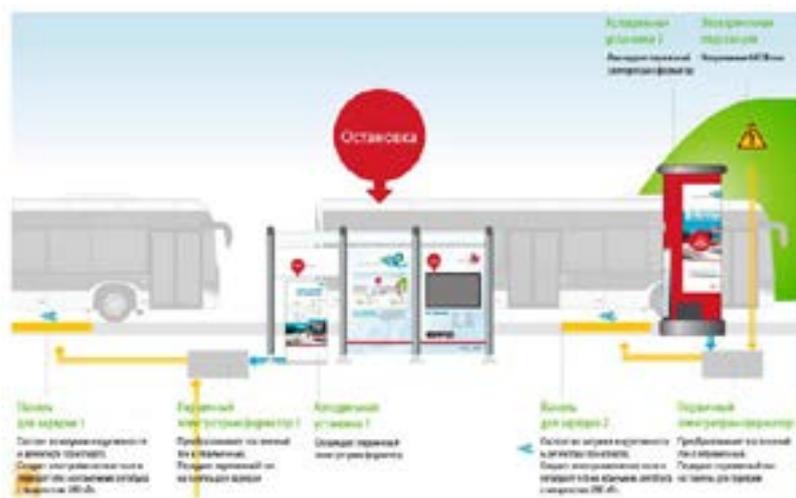


Рисунок 7 – Расположение зарядной станции на автобусной остановке

Система распределения энергии, оборудованная на автобусе (рисунок 8). Состоит из токоприёмной бесконтактной панели, представляющей собой индукционную петлю, расположенную на днище транспортного средства;

контроллера токоприёмника; блока управления, распределяющего полученную энергию между электродвигателями и аккумулятором.



Рисунок 8 – Расположение оборудования

Электробус останавливается на специально промаркированной зоне зарядной панели, под которой установлена индукционная катушка, и переходит в режим подзарядки, опуская токоприёмную панель на расстояние 4 сантиметра от земли. Блок управления, получив сигнал от детектора транспорта, передаёт преобразованный переменный ток на индукционную катушку, где между ней и токоприёмником возникает электромагнитное поле [6].

В среднем, подзарядка занимает 10 минут, восстанавливая 20% объёма аккумулятора. Этого объёма достаточно для покрытия экологического маршрута, открытого в 2014 году в Берлине и равного 19,3 километра [7].

Идентичный маршрут, оборудованный станциями беспроводной зарядки, существует и в Великобритании – на нём электробусы WrightBus (рисунок 9) проходят испытания, проводимые MASP ITD с конца 2013 года [8].



Рисунок 9 – Схема беспроводной зарядки электрических автобусов, эксплуатирующихся в Милтоне, Великобритания

Среди электробусов с беспроводной индукционной зарядкой (таблица 2) самым выгодным в плане экономии является электробус, получающий энергию от станции бесконтактной зарядки [9].

**Инфраструктура для электробусов.** Эксплуатация электробусов предполагает обеспечение надёжной и доступной зарядной инфраструктурой. Целесообразно разработать единую инфраструктуру для быстрой зарядки вне зависимости от марки и модели электробусов. Схема компонентов такой системы представлена на рисунке 10.

Мобильная инфраструктура города должна решать следующие задачи:

- повышение эффективности городского хозяйства;
- улучшение экологической обстановки в городе;
- повышение качества проживания в городе;
- повышение качества услуг, оказываемых населению;
- создание транспортной среды, доступной для лиц с ограниченными физическими возможностями;
- повышение привлекательности города для туристов и создание условий для развития туристического бизнеса.

Таблица 2 – Сравнение использующихся в настоящее время вариантов зарядки

Способ получения энергии	Положительные факторы	Отрицательные факторы
Электропровода/ зарядные станции	<p>Возможность зарядки от токопроводящих линий, имеющихся в большинстве крупных городов.</p> <p>Высокая скорость зарядки от специальных станций</p> <p>Высокий запас автономного хода.</p>	<p>Большие размеры аккумуляторов.</p> <p>Необходимость грамотного распределения зарядных станций и линий электропередач.</p>
Беспроводная индукционная зарядка	<p>Относительно быстрая (либо непрерывная) скорость зарядки.</p> <p>Малые размеры установленных в электробусах накопителей.</p> <p>Нет открытых токоведущих элементов.</p> <p>Защищённость зарядных элементов от коррозии и погодных условий.</p>	<p>Необходимость переоборудования дорожного полотна.</p> <p>Низкий запас автономного хода.</p> <p>Трудоёмкий процесс ремонта/восстановления.</p> <p>Высокие потери мощности.</p> <p>Отсутствие совместимости оборудования от разных производителей.</p>

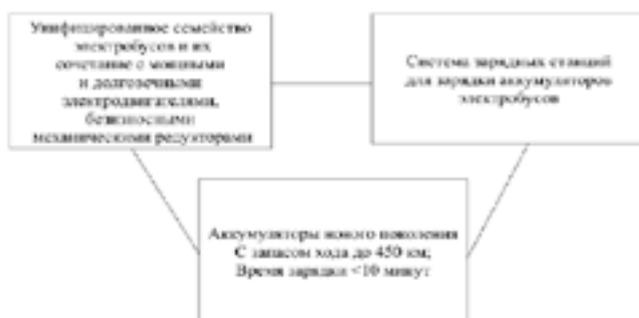


Рисунок 10 – Взаимосвязь элементов мобильной инфраструктуры для электробусов

### ВЫВОДЫ

В результате проведённого анализа международного и отечественного подхода к решению экологических проблем можно уверенно сделать вывод: переход от автобусного дизельного транспорта к электробусам имеет первостепенное экологическое значение.

Уровень шума электробусов значительно ниже дизельных, что является положительным моментом для экологической безопасности.

К ключевым принципам новой экологической политики относятся задачи, связанные с качественными преобразованиями транспортной системы, направленными на сокращение антропогенных выбросов CO<sub>2</sub>, снижение уровня шума. Для этого целесообразно: [10]:

- направить инвестиции в общественный транспорт;
- осуществить перевод автобусного парка с дизельными двигателями на электрические двигатели;
- стимулировать обновление парка автотранспортными средствами более высокого экологического класса;
- повысить роль велотранспорта и развивать инфраструктуру для него .

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Зарипов, Р. Ю., Гаврилов, П., Карку, А. Д., Серикпаев, Т. М.** Методы снижения токсичности отработавших газов дизеля // Наука и техника Казахстана. – № 1. – 2019. – С. 75–84
- 2 Экологический кодекс Республики Казахстан от 9 января 2007 года с изменениями и дополнениями по состоянию на 11.04.2019 г.
- 3 О Концепции по переходу Республики Казахстан к «зеленой экономике». Указ Президента Республики Казахстан от 30 мая 2013 года № 577
- 4 Официальный сайт акимата города Павлодар // Электронный ресурс : akimat-pvl.gov.kz
- 5 Официальный сайт ТОО «СарыаркаАвтоПром» г. Костанай // Электронный ресурс : sar.com.kz
- 6 **Айриев, Р. С., Кудряшов, М. А.** Перспективы экологической транспортной системы в мегаполисе. Журнал «Мир транспорта», том 16, № 2, 2018 – С. 220–232
- 7 **Остроух, А. В.** Интеллектуальные информационные системы и технологии: монография / А. В. Остроух, Н. Е. Суркова. – Красноярск : Научно-инновационный центр, 2015. – 370 с.
- 8 **Иванов О.Н., Листов Н.О., Остроух А.В.** Исследование технических характеристик электробусов, как перспективных видов наземного пассажирского транспорта. Материалы XIV международной научно-практической конференции молодых ученых «Теория и практика применения информационных технологий...», 2015. – № 4.1. – С. 19–36.
- 9 OECD (2016), The Economic Consequence of Outdoor Air Pollution, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264257474-en> .
- 10 Ордабаев Е.К. Экологическая безопасность автомобилей. Монография. – Павлодар, Кереку, 2014. – 121 с.

Материал поступил в редакцию 16.12.19.

***Зарипов Рамис Юрисович***

оқытушы, докторант PhD, «Көлік техникасы және логистика» кафедрасы,  
Металлургия, машина жасау және көлік факультеті,  
С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,  
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы,  
e-mail: ramis.zaripov@mail.ru.

***Ивашко Виктор Сергеевич***

т.ғ.д., профессоры, Көлік және тракторлар факультеті,  
Белорусь ұлттық техникалық университеті,  
Минск қ., 220015, Беларусь Республикасы,  
e-mail: ivashko47@mail.ru.

***Сембаев Нұрболат Сәкенұлы***

т.ғ.к., қауымд. профессор, «Көлік техникасы және логистика» кафедрасы,  
Металлургия, машина жасау және көлік факультеті,  
С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,  
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы,  
e-mail: n.sembaev@mail.ru.

***Алина Еңлік Арманқызы***

магистрант, «Көлік техникасы және логистика» кафедрасы,  
Металлургия, машина жасау және көлік факультеті,  
С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,  
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, ,  
e-mail: ekos\_23.93@mail.ru.

***Хайриден Айгерим Ерланқызы***

магистрант, «Көлік техникасы және логистика» кафедрасы,  
Металлургия, машина жасау және көлік факультеті,  
С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,  
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы,  
e-mail: aygerim94@mail.ru.

Материал баспаға 16.12.19.түсті.

**Қаланың көлік жүйесіне электробустарды енгізу мәселесі**

*Мақалада көлік құралдарының экологиялық қауіпсіздігіне байланысты проблемалар берілген. Атап айтқанда, қазіргі уақытта өте өзекті болып табылатын қалалық марируттық автобустардың пайдаланылған газдарымен ауаны ластау мәселесі. Қалалық қоғамдық көліктің салыстырмалы жаңа түрлерінің бірі – электробустардың талдауы ұсынылған.*

*Дизельді автобустардан толық электрге көшуде әлемдік тәжірибе қарастырылды. Әзірге бұл көлік түрі әлемде 3 % ғана тасымалданады. Әрине, бұл Еуропа, Солтүстік Америка, Қытай және Жапония. Электробустарды енгізудегі проблемалардың бірі инфрақұрылымның үздіксіз жұмыс істеуі үшін қажетті мөлшерде зарядтау станцияларымен қамтамасыз ету болып табылады. Аккумуляторларды зарядтау нұсқалары, зарядтау станцияларына қойылатын талаптар, зарядтаудың түрлі модельдері мен тәсілдерінің электробустарының салыстырмалы сипаттамалары көрсетілген.*

*Кілтті сөздер: автобус, электробус, сымсыз зарядтау, аккумулятор, шу, экологиялық қауіпсіздік.*

***Zaripov Ramis Yurisovich***

teacher, PhD doctoral student,  
Department of Transport Equipment and Logistics,  
Faculty of Metallurgy, Engineering and Transport,  
S. Toraigyrov Pavlodar state University,  
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan,  
e-mail: ramis.zaripov@mail.ru.

***Ivashko Viktor Sergeevich***

Doctor of Technical Sciences,  
Professor, Faculty of Automotive Engineering,  
Belarusian National Technical University,  
Minsk, 220015, Republic of Belarus  
e-mail: ivashko47@mail.ru.

***Sembayev Nurbolat Sakenovich***

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
Department of Transport Equipment and Logistics,  
Faculty of Metallurgy, Engineering and Transport,  
S. Toraigyrov Pavlodar state University,  
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan,  
e-mail: n.sembaev@mail.ru.

***Alina Venlik Armanovna***

graduate student, Department of Transport Equipment and Logistics,  
Faculty of Metallurgy, Engineering and Transport,  
S. Toraigyrov Pavlodar state University,  
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan,  
e-mail: ekos\_23.93@mail.ru.

***Hayriden Aygerim Erlanovna***

graduate student, Department of Transport Equipment and Logistics,  
Faculty of Metallurgy, Engineering and Transport,  
S. Toraigyrov Pavlodar state University,  
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan,  
e-mail: aygerim94@mail.ru.

Material received on 16.12.19.

**On the issue of introduction of electric  
buses in the transport system of the city**

*The article highlights the problems associated with the environmental safety of vehicles. In particular, the issue of air pollution by exhaust gases of city buses, which is currently very relevant. The analysis of one of the relatively new types of urban public transport – electric buses. The world experience in the transition from diesel buses to fully electric is considered.*

---

---

*So far, this mode of transport in the world carries only 3 % of passengers. Mainly, of course, in Europe, North America, China and Japan. One of the problems in the introduction of electric buses is to provide the infrastructure with charging stations in the amount necessary for the smooth operation of the routes. Options of charging of accumulators, requirements to charging stations, comparative characteristics of electric buses of various models and ways of charging are reflected.*

*Keywords: bus, electric bus, wireless charging, battery, noise, environmental safety.*

**Balgabekov Toleu Kunzholovich**

Candidate of Technical Sciences,  
head of the department «Transport Engineering and Technology»,  
S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University,  
Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan,  
e-mail: tdi\_kstu@mail.ru

**Shontayev Djamanbai Salykovich**

Candidate of Technical Sciences,  
head of the department «Transport Engineering and Technology»,  
S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University,  
Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan,  
e-mail: dshontaev@mail.ru

**Kongkybayeva Arailym Niyazbekqyzy**

master of Science, Senior Lecturer,  
the department «Transport Engineering and Technology»,  
S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University,  
Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan,  
e-mail: arai\_janaarka@mail.ru

**SHOCK RESEARCH IN SELF-PROPELLED CONCRETE MIXERS (SPC)**

*The article presents studies of the shock process of the mechanical part of (SPC), which are impacted, their strength is determined by the reaction to shock. This characteristic is determined either by the displacement of the mixer relative to, or the magnitude of the dynamic loads.*

*Key words: research, impact wear, concrete mixer, load, hit, mechanical system.*

INTRODUCTION

The linear passive damped mechanical system of the SPC exhibits certain transients with certain frequencies and attenuation rates after excitation. The Laplace transform of the reaction of the mechanical system of the SBS increases indefinitely, when I approaches the complex frequency, including the attenuation rate and the angular attenuation rate and the angular, of any of these transients. Thus, it is necessary to describe the mechanical system of the SPC by means of its transition characteristic as a variable with a steady-state characteristic.

MAIN PART

In contrast to vibrations, the mechanical impact of the SPC against a single obstacle has a relatively short duration and either ends abruptly or quickly goes out. Its most significant representation without the aid of a complex frequency should be interpreted as an extreme case of steady-state periodic oscillations described by the equation (1).

$$a = \sum A_n \cos(\omega_n t - \theta_n) = \operatorname{Re} \sum A_n e^{j(\omega_n t - \theta_n)} = \sum A_n \sin(\omega_n t - \theta_n) \operatorname{Im} \sum A_n e^{j(\omega_n t - \theta_n)} \quad (1)$$

$\omega$  – criminal frequency, rad/s;

$f_a$  – corresponding frequency, Hertz, Euler’s relation has the form:

$$e^{j(\omega_a t - \hat{\theta}_a)} = \cos(\omega_a t - \hat{\theta}_a) + j \sin(\omega_a t - \hat{\theta}_a) \tag{2}$$

or:

$$e^{j(\omega_a t - \theta_a)} = \cos(\omega_a t - \theta_a) + j \sin(\omega_a t - \theta_a) \tag{3}$$

If all  $f_a$  are harmonic components (those are multiple of some fundamental frequency), the resulting waveform is repeated all the time.

The equation (3) and (4) express the complex function of time of a unit vector rotating in the complex plane, counterclockwise rotation direction.

The complex exponential function is used for theoretical analyzes instead of simpler and the introduction of complex numbers provides a simple way to express the change in phase and amplitude of the oscillation during the solution process.

Replacing in expression (1) the summation by continuous integration over the entire frequency range:

$$a(t) = 2Re \int_0^{\infty} P(f) e^{j2\pi f t} df = \int_{-\infty}^{\infty} P(f) e^{j2\pi f t} df, \tag{4}$$

where is the Fourier spectrum or the Fourier transform:

$$P(f) = \int_{-\infty}^{\infty} P(f) e^{j2\pi f t} dt \tag{5}$$

It is a complex function of the frequency, including the phase angle . The complex exponential function in the integrand of equation (4.70) must be considered as a mathematical test, introduced during the study to indicate the required frequency.

If  $f$  is the mobility of the transfer of a mechanical system from an excitation point to a point of interest to us, then it should characteristically be represented in the following form:

$$a_a(t) = 2Re \int_{-\infty}^{\infty} P(f) e^{j2\pi f t} dt \tag{6}$$

where  $Pa(f) = Y(f)P(f)$ .

It should be noted that the main method of calculating the response to a shock, very close to the method of calculating periodic oscillations, it consists in the transition from the time domain to the frequency one, followed by the inverse transformation to the time domain. Consequently, value  $[P(f)]$  Fourier transforms must be taken as a criterion for the danger of periodic oscillations [2].

Calculations are made in complex numbers, which, if necessary, are converted into real numbers.

A more perfect approach to considering the theory of ABS impact on a single obstacle is such an approach, when the integration of expression (7) is limited to positive time, and  $j\omega$  is replaced by  $i$ , which allows us to have the real part expressing the decay rate to obtain the Laplace transform:

$$L(i0 = \int_0^{\infty} a(t)e^{-it} dt \quad (7)$$

The restriction of the integration domain is equivalent to the assumption that the shock acceleration is zero in the case of negative time to prove general theorems.

The linear passive damped mechanical system of the SBS exhibits certain transients with certain frequencies and attenuation rates after excitation. The Laplace transform of the reaction of the SPC mechanical system increases infinitely when  $i$  approaches the complex frequency, including the attenuation rate and the angular attenuation rate and the angular, of any of these transient processes. Thus, it is necessary to describe the SBS mechanical system by means of its transient response as a variable with a steady state characteristic.

Control systems, such as active depreciation systems, during the first test may exhibit an exponentially increasing (up to the limits of linearity) at one or more complex frequencies. Consequently, Laplace transform is the basis for the theory of stability of a control system, but in shock and vibration technology, shock absorption systems are used only when necessary, because they consume power, are expensive, and for satisfactory operation they need to be adapted using relatively complex technical methods. Consequently, shock theory is limited mainly to the effects of excitation of passive systems [3].

Different forms of the shock spectrum should be defined differently, either as typical characteristics of the mechanical equipment of the SBS, or as an indirect description of the excitation. The impact spectrum in the mechanical system of the SBS should be distinguished as non-damped or damped depending on the amount of damping, allowed in the resonator, and as positive, negative or mixed depending on the direction in which the maximum characteristic is determined. The shock spectrum may be initial (false false significant), residual and maximum, depending on the period of time in which the maximum characteristic differs (during the pulse, after it or it is unlimited). The undamped residual impact spectrum, which is identical for positive and negative stresses, is related to the Fourier transform at the same frequency through:

$$A_p = 2\pi/[P(f)]. \quad (8)$$

so that it can be considered the main measure of excitation of even complex mechanical systems.

The impact spectrum should be attributed to maximum acceleration, but the undamped residual impact spectrum becomes transformed by dividing by. At low frequencies, where the movement is more significant, this can be done using the inclined lines of the coordinate grid in the spectral graph.

The final saw tooth maximum vibrational shape that is observed with the relative smoothness of its spectra is a means of achieving a given minimum shock spectrum [5].

In contrast to the Fourier transform, the undamped residual impact spectrum does not contain phase information.

Like shock, random oscillations should be considered as the limiting case of expression (1) with an infinite number of small sinusoids in random dependences in the frequency domain. Or many infinitely small strokes that occur arbitrarily in the time domain. They can be predicted and briefly described only statistically. Nevertheless, any of these points of view leads to the same basic description and gives the same hazard criterion. The first point of view leads to a less abstract development of concepts about the spectrum, while the second is probably closer to the practical sources of random oscillations or random time functions in general.

Any sample of a limited duration of random oscillations must be approximated, and by the side of its duration using equation (1), a limited number of sinusoids.

The term «pure random oscillation» should refer to a spectral function that is constant in magnitude within a significant frequency domain and refers to the spectral function of acceleration, force, or any other suitable random variable. To go from acceleration to displacement to the density of the spectral function, it is necessary to divide it into more precisely, it is necessary to determine the sample of the density of the spectral function at a frequency  $f$  for a sample of duration  $T$  observed over the frequency band  $B$  centered at  $f$ , i.e.

$$\omega_e(f, B, T) = \left(\frac{1}{2} B\right) \sum_B A_0^2 \tag{9}$$

The density of the spectral function for random oscillations, which persists throughout the entire time, is determined from the following expression:

$$\omega(f) = \lim_{\substack{T \rightarrow \infty \\ B \rightarrow 0}} \omega_e(f, B, T) \tag{10}$$

Provided that  $T$  increase faster than  $B$  decreases. Thus, the number of spectral lines within  $B$  increases infinitely, a  $\omega(f)$  remains a continuous function of frequency.

For steady random fluctuations  $\omega(f)$  is the average value relative to which the score changes. For any fixed  $T$  and  $B$  standard deviation  $\omega_e(f, B, T)$ , divided by  $\omega(f)$ , defined as follows:

$$\Delta = \frac{1}{\sqrt{BT}} \tag{11}$$

Being partly dependent on the characteristics of the selectivity curve and methods of averaging time [15]. Any rating  $\omega(f)$ , made on the basis of a limited sample, especially at low frequencies, is a compromise between resolution (мало  $eB$ ) and statistical value.

If the complex subordinate ability or transfer mobility of a linear mechanical system is  $y(f)$ , then the characteristic of the spectral function corresponding to the excitation,  $\omega(f)$  expressed as follows:

$$\omega_a(f) = |y|^2 \omega(f) \quad (12)$$

and the full root mean square acceleration can be obtained by integrating it and determining the square root value. Therefore, any calculation of the reaction of a linear mechanical ABS system to random excitations includes the same data on the ABS system as periodic oscillation and shock, but the data on the gear ratio is used a little differently [4].

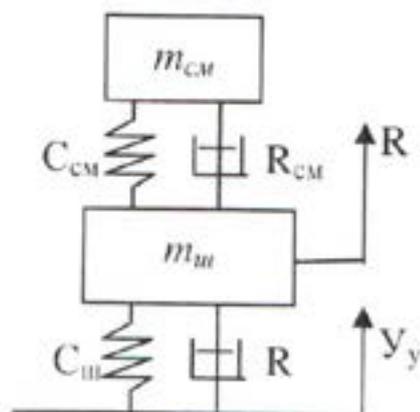
When considering a sample of random vibrations of an ABS mechanical system as the sum of impacts, the Fourier transform should be used, which gives a different definition for the estimation of the spectral function:

$$\omega_a(f, B, T) = \left(\frac{2}{BT}\right) \int_B^A |P(f)|^2 df, \quad (13)$$

where  $P(f)$  – conversion Fourier, including [1, 3] averaging the squared value within the frequency band B.

It should be noted that the expression (13) consistent with expression (10), and allows you to get similar results (B) with statistics for any sample of limited duration. Phase dependencies for any sample of limited duration. The frequency dependences of the phase in the general case do not matter for random oscillations.

When designing the mechanical part of SPC, including a rotating mixer, which are impacted, their strength is determined by the reaction to shock. This characteristic is determined either by the displacement of the mixer relative to the chassis, or the magnitude of the dynamic loads perceived by the ABC mechanical system, and also the mixer can be determined by the time dependence of the impact parameters by known calculation methods. It should be noted that using methods of converting the results of measurements of impact characteristics, a direct relationship can be found between the shock and the reaction of the SPC and mixer designs (3).



Drawing 1 – The design scheme of the mechanical system of ABS at impact

To develop a design, we will present the SPC mechanical system in the form of a simplified model. The design scheme of the mechanical system of the SPC is shown in Figure 1, which consists of a rotary mixer (upper weight), chassis-based SBS (lower weight). Depending on the purpose of the study, certain characteristics of the reaction of the model should be known: when calculating the mixer – for this you need to know the law of movement of the chassis; chassis movement is an excitation for the mixer; when calculating the chassis – for this it is necessary to know its displacements. Every mass, i.e. with lumped parameters has one degree of freedom, and the weightless, than weight. Consequently, little influence on the mass movement of the chassis of the ABC mixer. The impact motion of the chassis mass is the input impact motion with respect to the mixer. Choosing the necessary data processing method, information on the reaction of the mechanical system of the SPC then impact, needed to calculate the SPC elements, we obtain on the basis of changes in the motion parameters of the SPC mechanical system in time [6].

Bringing data in the form of a reaction of the mechanical system of the SPC mixer.

The design of the reaction value must be used to study some properties of the impact by analyzing the properties of the mechanical system of the SPC and the mixer. Then we connect the values of the maximum reactions with these properties. The considered representation of the impact has the following differences from the representation of the impact in the form of the Fourier spectrum:

- the Fourier spectrum allows you to determine the impact through the amplitudes and phase relations of its frequency components, and the reaction spectrum describes only the impact of the impact on the design of the mechanical system of the SPC and the mixer based on the maximum values of the corresponding reactions;

- the change during impact cannot be determined on the basis of the maximum reaction values of the mechanical system of the SPC and the mixer subjected to impact, those. calculation of maximum reaction values is an irreversible action. The Fourier spectrum is determined on the basis of changes in time and vice versa [7].

By limiting the analysis to the reaction of a linear SPC system with lumped parameters, having one step in the presence of viscous friction, hereinafter referred to as a simple mixer design (figure 1), has two parameters on which the reaction depends: natural frequency and damping coefficient.

If there are only two parameters, we can get an idea of the maximum reactions of many simple designs based on the impact measurement. This process is called bringing data into the reaction area and is applied directly to the system, which has one degree of freedom.; it is applicable to some extent when combining natural vibrations to determine the response of a linear system, which with more than one degree of freedom. The conditions of a particular application determine the magnitude of errors arising from alignment [9–11].

#### CONCLUSIONS

1) Established, that with step or pulsed excitation of SBS or the mixer most important is the maximum reaction value. Two types of maximum deviation values are characteristic of SBS: one of them is the resulting amplitude of the reaction – the amplitude of the free oscillations of the SPC relative to the final position after hitting a single obstacle ; the other maximum represents the largest reaction value from the impact  $r$ , which has the same sign as excitement.

2) The greatest relative displacement is equal to the amplitude of free vibrations, which explains the discontinuities, which appear in the spectra of the largest relative reactions.

#### REFERENCES

- 1 **Kozlovskii, M. Z.** Nonlinear theory of vibration protection systems. – M. : The science. 2009. – 318 p.
- 2 **Frolov, K. V., Furman, F. A.** Applied Vibration Protection Theory. – M. : Engineering, 2014. – 276 p.
- 3 **Yorish, Yu. I.** Vibrometry. – M.: Engineering, 2015 – 403 p.
- 4 **Gaigorin, M. M., Malinovskii, E. Yu.** Study of system dynamics «Way – car-people». – M.: Machine science, 2015 – 315 p.
- 5 **Bolotin, V. V.** Random vibrations of elastic systems. – M. : The science, 2014 - 335 p.
- 6 **Volpert, E. G.** Dynamics of shock absorbers with nonlinear elastic elements. – M. : Engineering, 2012 – 136 p.
- 7 **Kerov, I. P.** The use of mathematical statistics in the processing of information about construction vehicles. M.: Progress, 2013 – 350 p.
- 8 **Timofeeva, M. M., Mandarov, N. M.** Experience in forecasting and developing the technology industry based on statistical processing of patents. – M. : Atomizdat, 2018 – 260 p.
- 9 **Gmshinskii, V. G.** Engineering forecasting in construction. – M. : Power Publishing, 2012 – 207 p.
- 10 **Balgabekov T.K., Kongkybayeva A.N.** The question of efficiency of using cargo cars // Наука и техника Казахстана – 2019. – № 2 – С. 36–43

11 Derzkii, V. G., Negaya, T. A., Shkvorec, Yu. F., Shedrina, T. N. Forecasting the technical and economic parameters of new technology/ Ed. Alexandrova, V. P. Kiev, Naukova Dumka, 2012 – 175 p.

Material received on 16.12.19.

***Балгабеков Толеу Кунжолович***

т.ғ.к., доцент, меңгеруші, «Көліктік техника және технологиялары» кафедрасы, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: tdi\_kstu@mail.ru.

***Шонтаев Джаманбай Салыкович***

т.ғ.к., аға оқытушы, «Көліктік техника және технологиялары» кафедрасы, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: dshontaev@mail.ru

***Қоңқыбаева Арайлым Ниязбекқызы***

магистр, «Көліктік техника және технологиялары» кафедрасы, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: arai\_janaarka@mail.ru

Материал баспаға 16.12.19. түсті.

**Өздігінен жүретін бетонараластырғыштың  
(ӨЖБА) соққы процесін зерттеу**

*Мақалада өздігінен жүретін бетонараластырғыштың механикалық бөлігінің сілкіну процесінің зерттеулері келтірілген, әсер етеді, олардың беріктігі соққыға реакциямен анықталады. Бұл сипаттама араластырғыштың ауытқуымен де анықталады немесе динамикалық жүктемелердің мөлшері.*

*Кілтті сөздер: зерттеу, соққы тозуы, бетонараластырғыш, салмақ, соққы, механикалық жүйе.*

***Балгабеков Толеу Кунжолович***

к.т.наук., доцент, заведующий кафедрой «Транспортная техника и технологии», Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: tdi\_kstu@mail.ru

***Шонтаев Джаманбай Салыкович***

к.т.н., ст. преподаватель, кафедра «Транспортная техника и технологии», Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: dshontaev@mail.ru

**Қоңқыбаева Арайлым Ниязбекқызы**

магистр, кафедра «Транспортная техника и технологии»,  
Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина,  
г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан,  
e-mail: arai\_janaarka@mail.ru

Материал поступил в редакцию 16.12.19.

### **Исследования ударного процесса в самоходных бетоносмесителях (СБС)**

*В статье приведены исследования ударного процесса механической части СБС, которые подвергаются ударному воздействию, прочность их определяется по реакции на удар. Данная характеристика определяется либо смещением смесителя относительно того, либо величиной динамических нагрузок.*

*Ключевые слова: исследование, ударный износ, бетоносмеситель, нагрузки, удар, механическая система.*

**Смаханов Алишер Берикович**

магистрант, кафедра «Металлургия»,  
Факультет металлургии, машиностроения и транспорта,  
Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,  
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан,  
e-mail: 47alisher@gmail.com

**Ярошенко Юрий Гаврилович**

д.т.н., профессор-консультант, кафедра «Теплофизики и  
информатики в металлургии», Департамент, Школа базового инженерного образования,  
департамент металлургии и металловедения,  
Уральский Федеральный университет имени первого  
Президента России Б. Н. Ельцина,  
г. Екатеринбург, 620002,  
e-mail: yury-y@planet-a.ru

**Липунов Юрий Иванович**

к.т.н., директор, Центр новых систем охлаждения и  
технологий термоупрочнения металлов,  
ОАО «Научно-исследовательский институт  
металлургической теплотехники»,  
г. Екатеринбург, 620137, Российская Федерация,  
e-mail: vniimt@yandex.ru

**Толымбекова Лязат Байгабыловна**

доктор PhD, ассоц. профессор (доцент), кафедра «Металлургия»,  
Факультет металлургии, машиностроения и транспорта,  
Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,  
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан,  
e-mail: lyazat-t@mail.ru

**РАЗРАБОТКА РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИИ  
ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МЕТОДОМ  
ВОДО-ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ**

*В статье приведены результаты проведения экспериментов по отработке устройства коллектора водо-воздушного охлаждения и получения равномерности распыления водо-воздушной смеси при орошении подшипниковых колец из стали ШХ15 на поддоне, проведенных в условиях опытно-испытательного стенда ОАО «ВНИИМТ». Исследованы процессы подачи водо-воздушной смеси из форсунок различного размера, так и из специальной конструкции водо-воздушного коллектора с форсунками.*

*Установлены углы раскрытия факелов, пределы изменения параметров водо-воздушной смеси, а именно соотношения расходов воды и воздуха, при которых достигается требуемая равномерность распыла.*

*Ключевые слова: Водо-воздушное, охлаждение, термообработка, закалка, форсунка, коллектор, сталь, подшипниковая.*

**ВВЕДЕНИЕ**

Термическая обработка является основой всей металлообрабатывающей промышленности. Под термином термическая обработка понимают процесс

изменения структуры стали и металлических сплавов за счёт воздействия на них температуры. Нагрев и последующее охлаждение с определённой скоростью и при определённых условиях устанавливается отдельно, исходя из свойств и структуры исходного металла.

В зависимости от марки стали, конфигурации и размеров изделия в качестве закалочной среды используют воду, масло, соляные, щелочные или полимерные растворы [1, с 40].

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В современной машиностроительной промышленности основную часть изделий термически упрочняют погружением в закалочный бак.

Номенклатура термоупрочняемых изделий достаточно разнообразна – от деталей приборов, машин, до крупногабаритных деталей для металлургического, энергетического, топливного оборудования. Термической обработке подвергаются до 8–10 % изделий из стали от общей выплавки в стране [2, с. 33]. В машиностроении объём термического передела составляет до 40 % стали, потребляемой данной отраслью.

В качестве экспериментального сплава выбрана сталь марки ШХ15, химический состав стали приведён в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав стали ШХ15

ШХ15	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
Min	0,95	0,17	0,2	–	–	–	1,3	–
Max	1,05	0,37	0,4	0,3	0,02	0,027	1,65	0,25

Термообработка изделий из подшипниковой стали проводится при температуре от 810 °С до 880 °С с последующим охлаждением в воде до 200 °С и в масле [3, с. 52].

Структура высокоуглеродистой хромистой подшипниковой стали при термической обработке представляет собой отпущенный мелкозернистый мартенсит и мелкодисперсные сфероидизированные карбиды. Необходимую вязкость обеспечивает присутствие участков остаточного аустенита, не успевшего преобразоваться в мартенсит [4, с. 44].

Для легированных сталей, обладающих более высокой устойчивостью переохлаждённого аустенита при закалке, применяют минеральное масло. Самой распространённой и недорогой охлаждающей средой является вода.

Технология закалки в масле имеет ряд значительных и неустранимых недостатков, а именно:

- недостаточная интенсивность охлаждения в интервале структурных превращений приводит к «мягкой» закалке и, в последствии это приводит, к достаточно невысокому уровню механических свойств;
- невозможность управлять процессом;
- низкая экологичность (грязь, испарения, дым, канцерогены);
- высокая пожароопасность из-за постоянного поверхностного возгорания;

– необходимость большого объёма вспомогательного оборудования: систем циркуляции, подогрева-охлаждения, моечных машин и т.д.

Одним из эффективных методов термической обработки сплавов является спрейерная закалка, особенно при необходимости отвести от поверхности изделия тепловой поток с большей интенсивностью. Для закалки подшипниковых сталей нецелесообразно использовать охлаждение чисто водяными струями, поскольку подшипниковые стали имеют большую склонность к трещинообразованию, а большая скорость охлаждения может привести к большим внутренним напряжениям. В связи с вышеприведённым выбираем водо-воздушное охлаждение, как более мягкое и экологически чистое.

Использование систем водо-воздушного охлаждения имеет следующие преимущества:

- за счёт регулируемого охлаждения в определённых температурно-временных пределах получать уровень свойств существенно выше, чем в используемых охладителях, при этом минимизировать остаточные и временные напряжения;
- устранить вероятность трещинообразования и коробления;
- решить экологические проблемы термоупрочнения в масле (отсутствие испарений, грязи, дыма и канцерогенов);
- значительная экономическая эффективность за счёт уменьшения капитальных и эксплуатационных затрат;
- значительно снижается себестоимость термообработки;
- появляется возможность реализации новых экономичных и эффективных технологий (закалка с самоотпуском, термоциклирование и т.д.).

Исполнение устройства водо-воздушного охлаждения, параметры охладителя разрабатываются с учётом специфики существующего производства, марочного и размерного сортамента.

Первые опыты проведения термической обработки водо-воздушной смесью для охлаждения металла были проведены ещё в 1965 году Д. В. Будриным, В. М. Кондратовым [5, с. 22–25].

Для обоснования возможности применения устройств регулируемого водо-воздушного охлаждения для закалки изделий из подшипниковой стали в Центре новых систем охлаждения и технологий термоупрочнения металлов ОАО «ВНИИМТ» разработана программа стендовых исследований [6-8].

На первом этапе на испытательном стенде Центра проводилась отработка конструкции коллектора для водо-воздушного охлаждения и исследование процесса струйного охлаждения при использовании плоскофакельных форсунок (рисунок 1). Задачей данного этапа исследования является определение конструкции коллектора для промышленных условий и режимных параметров подачи водо-воздушной смеси для охлаждения подшипниковых колец.

На первом этапе исследований производились опыты (проливка) форсунок с целью проверки возможности максимального распыления, измерения ширины, а также длины факела. Поскольку распылительная возможность форсунки является

важным показателем, требовалось чтобы струя могла равномерно охлаждать поверхность колец на подносе. Форсунки проливались струёй вниз (рисунок 1), результаты исследований характеристик работы форсунок описаны в таблице 2.

Анализ результатов показывает, что в широком диапазоне изменения давления расхода воды ширина факела форсунки остаётся постоянной. Угол раскрытия факела форсунки составил 54:580.

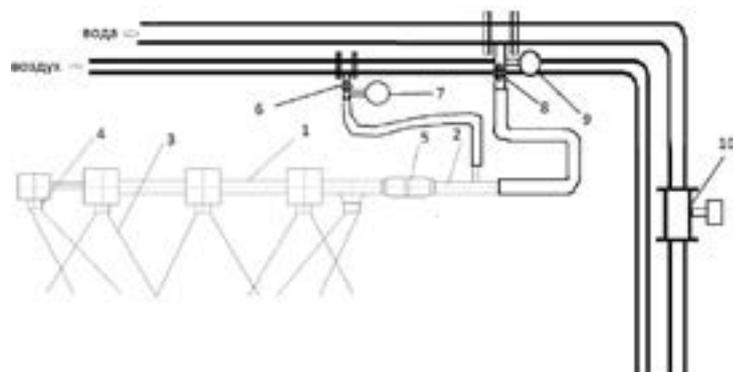
Следующим этапом было определение режимных параметров работы специально разработанного коллектора для охлаждения подшипниковых колец сверху. Во время опыта коллектор был расположен форсунками вниз, количество форсунок 5 штук. Высота от среза форсунок до роликов 300 мм. На рисунке 2 приведён эскиз коллектора, а на рисунке 1 фотография работающего коллектора.

Таблица 2 – Характеристики работы форсунки диаметром 8,2 мм

Р <sub>воды</sub> , Мпа	Q <sub>воды</sub> , м <sup>3</sup> /ч	Ширина, Н, факела на расстоянии, от поверхностного орошения, мм		
		200	300	500
0,20	0,65	200	300	490-500
0,30	0,78	210	310	500-505
0,39	0,91	220	310	510-515
0,40	0,96	205	320	520
0,45	1,00	215	300	530



Рисунок 1 – Проливка форсунок



- 1 – корпус, 2 – смеситель, 3 – водо-воздушный факел, 4 – форсунка,  
 5 – соединитель для изменения длины и/или вставки диффузора разных диаметров, 6 – вентиль для воздуха, 7 – манометр для воздуха, 8 – вентиль для воды, 9 – манометр для воды, 10 – расходомер.

Рисунок 2 – Эскиз работающего коллектора водо-воздушного охлаждения

Результаты исследования определения параметров работы коллектора приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты исследований работы коллектора.

Опыт	Расход воды, м <sup>3</sup> /ч	Расход воздуха, м <sup>3</sup> /ч	Соотношение расходов воздуха и воды, доли	Характеристика распыления
1	1,20	85	70	Отдельные струи воды в факеле не наблюдаются. Начало полного распыления воды.
2	1,19	96	80	Крупные капли воды.
3	1,20	109	90	Состояние плотного водяного тумана, визуальнo капли воды не наблюдаются.
4	1,21	121	100	Состояние плотного водяного тумана, визуальнo капли воды не наблюдаются.
5	1,02	126	123	Состояние полупрозрачного водяного тумана, визуальнo капли воды не наблюдаются, тактильнo в смеси ощущаются капли воды.
6	0,91	120	131	Состояние полупрозрачного водяного тумана, визуальнo капли воды не наблюдаются, тактильнo в смеси ощущаются капли воды.
7	0,85	137	161	Состояние прозрачного водяного тумана, капли воды не определяются ни визуальнo, ни тактильнo.
8	0,75	129	172	Состояние прозрачного тонкодисперсного водяного тумана.

### ВЫВОДЫ

В результате ряда проведённых экспериментов были определены оптимальные параметры, при которых обеспечено более равномерное распределение водо-воздушной смеси для дальнейшего проведения термической обработки в этой

среде. Как мы видим на рисунке 1 факел первой и последней по ходу форсунок (с боковой выдачей) обеспечивает перекрытие факела второй и четвертой форсунок (с симметричным факелом), что соответственно приводит к более плотному орошению и равномерному охлаждению.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Люты, В.** Закалочные среды. Справочник / Под ред. С. Б. Масленкова / Пер. с польск. Челябинск: Металлургия, Челябинское отделение. 1990.–192 с.

2 Промышленность Казахстана и его регионов / Статистический сборник / Астана 2018. – 151 с.

3 **Ярошенко, Ю. Г.** Экспериментальное исследование процесса водо-воздушного охлаждения стальных колец / Ю. Г. Ярошенко, Ю. И. Липунов, А. Б. Смаханов // Теплотехника и информатика в образовании, науке и производстве: сборник докладов VI Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных (ТИМ'2017) с международным участием (Екатеринбург, 11–12 мая 2017 г.). — Екатеринбург : УрФУ, 2017. — С. 175-180.

4 **Лахтин, Ю. М.** Материаловедение [Текст] / Ю. М. Лахтин. – М. : ООО «Издательский дом Альянс», 2009. – 528 с.

5 **Будрин, Д. В., Кондратов, В. М.** Водо-воздушное охлаждение при закалке / Металловедение и термическая обработка металлов. – 1965. – № 6. – С. 22–25.

6 **Yaroshenko, Y. G., Startseva, M. V., Lipunov, Y. I., Eismondt, K. Y., Nekrasova, E. V.** Developing a Modern Thermal Strengthening Technique for Regulated Fishplate Cooling. WIT Transactions on Ecology and the Environment. Vol.190, № 1, 2014, pp. 491–499.

7 **Липунов, Ю.И., Эйсмонтт, Е. Ю., Некрасова, Е. В., Захарченко, М. В., Ярошенко, Ю. Г., Абрамов, Э. В.** Струйное водяное охлаждение при термоупрочнении проката несимметричного профиля // Сталь. – 2015, № 3, С.83–86.

8 **Липунов, Ю. И., Эйсмонтт, К. Ю., Старцева, М. В., Ярошенко, Ю. Г., Некрасова, Е. В.** Внедрение современного энерго- и ресурсосберегающего оборудования и экологически чистой технологии термоупрочнения в производстве рельсовых накладок // Бюллетень «Чёрная металлургия». – 2013. – № 12. – С. 61–64.

9 **Мергенбаев А. А.** Значение и роль промышленного производства на современном этапе // Наука и техника Казахстана. – 2010. – № 2. – С. 93–97.

10 **Гордиенко А. Н.** О методе расчета подшипников скольжения // Наука и техника Казахстана. – 2005. – № 3. – С. 16–22.

Материал поступил в редакцию 16.12.19.

**Смаханов Алишер Берикович**

магистрант, «Металлургия» кафедрасы,  
Металлургия, машина жасау және көлік факультеті,  
С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,  
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы,  
e-mail: 47alisher@gmail.com

**Ярошенко Юрий Гаврилович**

т.ғ.д., профессор-кеңесшісі, «Металлургиядағы жылуфизика және информатика» кафедрасы, Департамент, базалық инженерлік білім беру мектебі, Metallurgia және металлтану департаменті, Ресейдің Тұңғыш Президенті Б. Н. Ельцин атындағы Урал Федералдық университеті, Екатеринбург қ., 620002, Ресей Федерациясы, e-mail: yury-y@planet-a.ru

**Липунов Юрий Иванович**

т.ғ.к., директор, Жаңа салқындату жүйелері және металдарды термо беріктендіру технологиялары орталығы, «Металлургия жылу техникасы ғылыми-зерттеу институты» ААҚ, Екатеринбург қ., 620137, Ресей Федерациясы, e-mail: vniimt@yandex.ru

**Толымбекова Лязат Байгабыловна**

PhD докторы, қауымд. профессор (доцент), профессор, «Металлургия» кафедрасы, Metallurgia, машина жасау және көлік факультеті, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: lyazat-t@mail.ru  
Материал баспаға 16.12.19.түсті.

**Су ауамен салқындату әдісімен термиялық өңдеу технологиясының режимдік параметрлерін әзірлеу**

*Мақалада «ВНИИМТ» ААҚ-ның тәжірибелік сынақ стендінде жүргізілген түбінде их15 болаттан жасалған мойынтіректі сақиналарды суландыру кезінде су-ауа қоспасының шашырауының біркелкілігін алу және су-ауа салқындату коллекторының құрылысын өңдеу бойынша эксперименттер жүргізу нәтижелері келтірілген. Түрлі өлшемдегі форсункалардан, сондай-ақ форсункалары бар су-ауа коллекторының арнайы құрылымынан су-ауа қоспасын беру процестері зерттелді.*

*Алауларды ашу бұрыштары, су ауа қоспасының параметрлерінің өзгеру шектері, атап айтқанда су мен ауа шығындарының ара қатынасы орнатылған, ол кезде шашыраудың қажетті біркелкілігіне қол жеткізіледі.*

*Кілтті сөздер: су-әуе, салқындату, термоөңдеу, шыңдау, бүріккіш, коллектор, Болат, мойынтірек.*

***Smakhanov Alisher Berikovich***

undergraduate, Department of Metallurgy,  
Faculty of Metallurgy, Mechanical Engineering and Transport,  
S. Toraighyrov Pavlodar State University,  
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan,  
e-mail: 47alisher@gmail.com

***Yaroshenko Yuri Gavrilovich***

Doctor of Technical Sciences, Professor-consultant  
Department of Thermophysics and Informatics in metallurgy,  
Department, School of Basic Engineering Education,  
Department of Metallurgy and Metal Science, Ural Federal University  
named after the First President of Russia B. N. Yeltsin,  
Yekaterinburg, 620002, Russian Federation,  
e-mail: yury-y@planet-a.ru

***Lipunov Yuri Ivanovich***

Candidate of Technical Sciences,  
Director, Center for New Cooling Systems and Technologies  
of Heat-Hardening of Metals, JSC «Research Institute  
of Metallurgical Heat Engineering»,  
Yekaterinburg, 620137, Russian Federation,  
e-mail: vniimt@yandex.ru

***Tolymbekova Lyazat Baygabylovna***

PhD, Associate Professor,  
Department of Metallurgy, Faculty of Metallurgy,  
Mechanical Engineering and Transport,  
S. Toraighyrov Pavlodar State University,  
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan,  
e-mail: lyazat-t@mail.ru  
Material received on 16.12.19.

**Development of regime parameters of thermal  
treatment technology by water-air cooling method**

*The article presents the results of experiments on testing a water-air cooling collector device and obtaining uniformity of spraying a water-air mixture during irrigation of bearing rings made of 11X15 steel on a pallet, carried out under the conditions of an experimental test bench of VNIIMT OJSC. The processes of supplying a water-air mixture from nozzles of various sizes, as well as from a special design of a water-air collector with nozzles, are investigated.*

*The flare opening angles, the limits of the parameters of the water-air mixture, namely, the ratio of the flow rates of water and air, at which the required uniformity of spray is achieved, are established.*

*Keywords: water-air, cooling, heat treatment, hardening, nozzle, manifold, steel, bearing.*

**Шумейко Иван Алексеевич**

к.т.н., профессор, кафедра «Машиностроение и стандартизация»,  
Факультет металлургии, машиностроения и транспорта,  
Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,  
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан,  
e-mail: ivan\_shumeiko@mail.ru

**Касенов Асылбек Жумабекович**

к.т.н., профессор, кафедра «Машиностроение и стандартизация»,  
Павлодарский государственный университет имени С.Торайгырова,  
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан,  
e-mail: asylbek\_kasenov@mail.ru

**Абишев Кайролла Кабдрахманович**

ст. преподаватель, кафедра «Промышленный  
инжиниринг и дизайн», Инженерно-технологический факультет,  
Инновационный Евразийский Университет,  
г. Павлодар, Республика Казахстан, 140008

**РОЛЬ МАШИНОСТРОЕНИЯ И ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ  
ОТРАСЛИ В КАЗАХСТАНЕ**

*Показана роль машиностроения в мировом производстве промышленной продукции, дана характеристика состояния машиностроительной отрасли в Казахстане, проблемы и пути развития.*

*Представлены основные нефинансовые и финансовые проблемы и барьеры в машиностроении: дефицит квалифицированных кадров; отсутствие единого подхода в рамках государственных мер поддержки; большая часть предприятий РК на уровне Индустрии 2,0; отсутствие НИОКР и разработок с дальнейшей коммерциализацией; низкий уровень инвестиций в машиностроение; опережающий рост себестоимости за счет увеличения цен на сырье и энергоносители; практическое отсутствие инструментов стимулирования спроса и др.*

*Ключевые слова: машиностроение, металлоемкость, трудоемкость, энергоемкость, наукоемкость, продукция, индустрия, производство.*

**ВВЕДЕНИЕ**

В ПОСЛАНИИ Президента Республики Казахстан Н. Назарбаева народу Казахстана [1] была поставлена цель войти в тридцатку самых развитых стран мира. Для достижения этой цели необходимо, чтобы машиностроительный комплекс стал ведущим в промышленности страны, как это имеет место в промышленно развитых странах [2]. Эта роль машиностроительного комплекса определяется следующими факторами:

- по широкому влиянию на развитие других отраслей, так как машиностроение обеспечивает машинами, оборудованием и приборами все отрасли народного хозяйства, а население – предметами потребления;
- на основе машиностроения осуществляется техническое перевооружение всех отраслей народного хозяйства;
- является отражением степени развития производительных сил в регионе;

- дает существенный толчок развитию прогрессивных технологий;
- по числу занятых и по стоимости выпускаемой продукции машиностроение занимает ведущее место среди других отраслей мировой промышленности: на его долю приходится около 28% стоимости мировой продукции и около 30 % занятых в промышленности;
- машиностроение характеризуется большими размерами предприятий (1100 человек в среднем по сравнению с 820 в промышленности в целом);
- от уровня развития машиностроения зависит материалоемкость, энергоемкость внутреннего валового продукта (ВВП), промышленная безопасность и обороноспособность государства (в развитых странах машиностроение составляет 25–35 % от ВВП).

То есть можно сказать, что экономика любой страны напрямую зависит от состояния машиностроительного комплекса.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Различия стран по уровню развития машиностроения крайне велики. Более 85 % машиностроительной продукции мира производят развитые страны, в то время как на долю развивающихся стран и стран с переходной экономикой приходится лишь 15 % [2].

Машиностроение само по себе является одной из составляющих отраслей промышленности (рисунок 1). Машиностроительную отрасль разделяют на три категории: тяжелое машиностроение; общее машиностроение; среднее машиностроение [2].

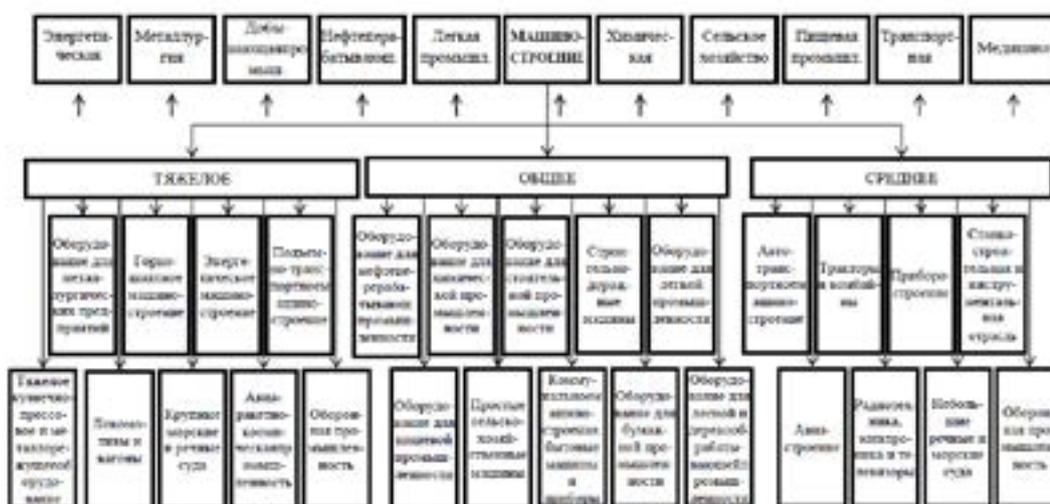


Рисунок 1 – Отрасли промышленности

Предприятия тяжелого машиностроения характеризуются высоким уровнем металлоемкости (объем потребляемого черного и цветного металла при выпуске машин и оборудования), трудоемкости (степенью сложности техники и численности участвующих в производстве человеческих ресурсов),

энергоёмкостью (уровнем потребления энергии при производстве продукции) и наукоёмкостью (необходимостью участия в подготовке производства и производстве продукции научного потенциала). К предприятиям тяжелого машиностроения можно отнести предприятия выпускающие оборудование для черной и цветной металлургии, горношахтного машиностроения, энергетического машиностроения и другие (рисунок 1).

Общее машиностроение представляют предприятия сравнительно невысокой металлоёмкости, средней и малой металлоёмкости, средней и малой трудоёмкости, энергоёмкости и наукоёмкости. К этой категории машиностроения можно отнести предприятия по выпуску машин и оборудования для нефтеперерабатывающей промышленности, химической, легкой и других отраслей промышленности.

Предприятия среднего машиностроения характеризуются малой материалоемкостью, но повышенной или высокой трудоёмкостью и наукоёмкостью и сравнительно небольшой энергоёмкостью. К предприятиям среднего машиностроения относят предприятия автотранспортного машиностроения, авиастроения, приборостроения и другие.

Сердцевиной машиностроения является станкостроительная и инструментальная промышленность, которая включает производство металлорежущих станков, кузнечно-прессового оборудования, металлорежущего инструмента. Около половины объема продукции приходится на металлорежущие станки.

Автомобильная промышленность по стоимости основных фондов является крупнейшей отраслью машиностроения. Продукция автомобилестроения широко используется во всех отраслях народного хозяйства и является одним из самых ходовых товаров в розничной торговле. Из общего объема выпускаемых автомобилей свыше 70 % приходится на долю легковых автомобилей, остальные на грузовые и автобусы. На первое место по производству автомобилей в 90-х годах прошлого века вышла Япония, обогнав многолетнего лидера – США. (Япония – 40 % автомобилей, Германия – 43 %, на третьем месте – Китай) [2]. Доля автомобилестроения в промышленности России составляет 33 %, что является высоким показателем экономического положения отрасли).

Тракторная промышленность России – одна из самых больших в мире. Выпускаются различные виды тракторов не только для сельского хозяйства, но и для промышленности.

Казахстан сегодня характеризуется не только наличием богатых природных ресурсов, но и довольно развитой промышленностью. По итогам 2012 года в структуре внутреннего валового продукта (ВВП) Республики Казахстан доля промышленности составила 32 %, в том числе 18 % приходилось на горнодобывающую и 11 % – на обрабатывающую промышленность [3-7]. Вместе с тем исторически сложившаяся структура экономики с преобладанием сырьевого сектора сделала Казахстан зависимым от импорта продукции высоких переделов, в частности от машиностроительной, потребность в которой растет с каждым годом.

После распада СССР в машиностроительной отрасли произошел разрыв всех связей с поставщиками сырья и комплектующих. Большая часть поставщиков

оказалась в России и на Украине. Сказались и полное отсутствие спроса на продукцию, прекращение её сбыта. В 1999 году в общем объеме производства отрасли машиностроения и металлообработки составляли 1,5 % в структуре промышленности Казахстана [8]. Предприятия занимались в основном единичным и мелкосерийным производством, ремонтом старой техники.

Второй по значимости проблемой является отсутствие мощностей в ключевой для всех сегментов машиностроительной отрасли – станкостроении. При этом необходимо отметить, что деградация станочного парка и трудности с поставками комплектующих для сборочных производств присущи машиностроению всех стран СНГ [3].

Начиная с 2005 года машиностроительная отрасль экономики Казахстана стабильно наращивает выпуск продукции. Предприятия начинают оживать после периода застоя, получая заказы на производство собственной продукции такие как выделение государственных средств на закупку железнодорожных вагонов, выход на экспортные рынки соседних стран, которые ждут роста своих экономик (на 1,1 % в России и на 6,5 % в Китае в 2017 году) [8].

Перспективными в плане экспорта отечественными товарами машиностроения можно назвать трансформаторы, аккумуляторы, кабели, конденсаторы, подшипники, устройства теплообменные, запорную арматуру, а также продукцию железнодорожного машиностроения, такие как локомотивы. Основная причина выбора данных товаров заключается в высоком уровне локализации, которая для отдельных категорий доходит до 80-90% [8]. В производстве данных видов продукции нарабатан высокий уровень компетенции, имеются рыночные ниши и более-менее перманентный спрос. Примерами удачного сотрудничества в рамках региональных объединений можно отметить решение руководства АО «АвтоВАЗ» перенести производство ряда моделей автотранспортных средств на территорию Казахстана, откуда будут поставляться товары, в том числе в Россию, страны Центральной Азии.

На данный момент времени в рамках машиностроения имеет место кластерное объединение в железнодорожной отрасли в Павлодарской области. В данный кластер объединены ряд крупных предприятий железнодорожного машиностроения, такие как ТОО «Казахстанская вагоностроительная компания» по производству грузовых вагонов, консорциум R.W.S. по производству различной железнодорожной продукции как колесные пары, железнодорожные оси и прочее, ТОО «Проммашкомплект» по производству железнодорожных колес и стрелочных переводов, АО «ЗИКСТО» по производству грузовых вагонов, ТОО «Машиностроительный завод Казтехмаш» занимается производством зерноуборочных комбайнов, кормозаготовительной техники, тракторных прицепов, бункеров-перегрузчиков и коммунальной техники [9].

Одной из наиболее важных и реальных возможностей развития машиностроения в современных условиях является сотрудничество между странами СНГ. Это будет способствовать увеличению производства и экспорта продукции, расширению источников привлечения инвестиций и внедрению новых технологий.

В Казахстане в последнее время получило развитие производство транспортных средств (железнодорожных, автомобильных), в том числе на совместных с белорусскими и российскими компаниями предприятиях, поставляющих продукцию на общий рынок. Так, с 2003 года АО «Азия Авто» выпускает в Усть-Каменогорске автомобили марки Skoda, Chevrolet, KIA, Lada. Кокшетауское АО «КАМАЗ-Инжиниринг» является совместным казахстанско-российским проектом по производству автомобильной техники модельного ряда КАМАЗ. Базирующееся в Костанаве АО «АгромашХолдинг» совместно с российскими компаниями выпускает двигатели и различную сельскохозяйственную технику [3].

В 2012 году в Индустриальном парке Астаны запущен электровозостроительный завод ТОО «Электровоз құрастыру зауыты» (ЭКЗ) – совместное предприятие французской корпорации AlstomHoldings и ЗАО «Трансмашхолдинг». Ежегодная мощность завода составит около 100 секций электровозов. Они предназначены в первую очередь для растущих нужд казахстанских железных дорог, ожидается, что до 40% продукции ЭКЗ будет экспортироваться в страны СНГ.

В последние годы в Казахстане организовано 12 предприятий по сборке белорусской техники. Сегодня в РК собирается техника и оборудование ПО «БелАЗ», РУП «МТЗ», ПО «Гомсельмаш», ОАО «Минский моторный завод» и другие [3].

На VI форуме машиностроителей Казахстана, состоявшемся 20–21 сентября 2018 года в Астане было отмечено, что 10 из 19 крупнейших по объемам вложений в НИОКР компаний мира относятся к отрасли машиностроения. Машиностроение является крупнейшим потребителем и источником инвестиций в экономике стран. На форуме отмечено, что в Республике Казахстан пока еще существует высокая зависимость от импорта машиностроительной продукции. Внутреннее обеспечение составляет не более 22%. Объем импорта продукции машиностроения в общем объеме импорта занимает существенную долю — 35%. Основными нефинансовыми и финансовыми проблемами и барьерами в машиностроении являются [10]:

- дефицит квалифицированных кадров;
- отсутствие единого подхода в рамках государственных мер поддержки;
- большая часть предприятий РК на уровне Индустрии 2,0;
- отсутствие НИОКР разработок с дальнейшей коммерциализацией;
- низкий уровень инвестиций в машиностроение;
- опережающий рост себестоимости за счет увеличения цен на сырье и энергоносители;
- практическое отсутствие инструментов стимулирования спроса и др.

Дефицит квалифицированных кадров занимает первое место среди отмеченных проблем. Причиной данной проблемы является несоответствие программы подготовки студентов к реальным потребностям предприятий. С другой стороны следует закладывать потенциал инженерных знаний для возможности совершенствования технологии производства в соответствии с современными требованиями [11–13].

Доля машиностроения в экспорте обработанной продукции на текущий момент времени достаточно мала – 4,2 % [10]. Драйвером Казахстанской обрабатывающей промышленности на 2017 год являются металлургия (43,6 % от общего объема производства обрабатывающей промышленности), продукты питания (15,8 %), продукция машиностроения (10,7 %), кокс и нефтепродукты (7,7 %).

Вместе с тем, машиностроение является основным потребителем продукции черной и цветной металлургии. С этих позиций имеет место значительный потенциал для развития отечественного машиностроения. И, в целом, как было отмечено на VI форуме Машиностроителей Казахстана, машиностроение способно вывести экономику на более высокий технологический уровень.

### ВЫВОДЫ

1 Машиностроение является важнейшей отраслью экономики любого индустриально развитого государства. Производя всевозможное оборудование машины, металлорежущие станки, приборы, а также товары для населения, машиностроение обеспечивает стабильность деятельности всех ключевых отраслей экономики.

2 За последние 10 – 15 лет в Республике Казахстан построены и действуют крупные машиностроительные предприятия с использованием современного оборудования и технологий. Доля экспортируемой за рубеж машиностроительной продукции постепенно растет.

3 Для возможности вхождения в тридцатку самых развитых стран мира необходимо машиностроительную отрасль экономики вывести на уровень индустриально развитых стран. Для этого следует активнее проводить работу по внедрению элементов Индустрии 4.0. К сдерживающим факторам для внедрения элементов Индустрии 4.0 относятся недостаточное понимание бизнесом экономических выгод от цифровизации, слабое развитие отечественных разработок и компетенций по автоматизации и цифровизации, нехватка квалифицированных кадров, ограниченность финансовых ресурсов, а также инфраструктурные ограничения [14–16].

4 На первоначальном этапе с целью развития машиностроительной отрасли наиболее целесообразно следует активизировать работу в сфере среднетехнического и высшего образования по повышению качества подготовки квалифицированных специалистов, в том числе на основе создания центров компетенций и внедрения систем дуального обучения.

5 Требуется разработка единого подхода на уровне государственных мер поддержки машиностроительной отрасли и, главным образом, на первоначальном этапе, общего машиностроения. Целесообразно обратить внимание на необходимость развития отечественного станкостроения, как сердцевины машиностроения, являющегося компонентом категории среднего машиностроения.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Послание Президента Республики Казахстан Н. Назарбаева народу Казахстана. 10 января 2018 года.
- 2 **Захаров, А. Н.** Современные аспекты развития мирового производства машиностроительной продукции // Российский внешнеэкономический вестник. – 2005. – № 5. – С. 54–59. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennyye-aspekty-razvitiya-mirovogo-proizvodstva-mashinostroitelnoy-produktsii>.
- 3 **Ташенов, А.** Машиностроение Казахстана: Вызовы и перспективы роста. KAZAKHSTAN. – 2013 – № 1.
- 4 **Чермошенцева, Е. В.** Машиностроение Казахстана: новые векторы развития // Вестник КазНУ – Серия экономическая. – 2014. – № 4 (104). – С. 46–51
- 5 **Ходжибергенов, Д. Т., Шеров, К. Т., Касенов, А. Ж., Хожибергенова, У. Д.,** Проблемы выбора технологии обработки нововнедренных материалов в производство // Наука и техника Казахстана. – 2018. – № 2. – С. 111–117
- 6 **Тулеметова, А. С., Колотаева, Л. П., Мухатай, Ж., Региональные аспекты развития машиностроения в Казахстане** // ACTUAL SCIENTIFIC RESEARCH-2018: Матер. XXXVII Междунар. науч. практ. конф., Россия, Москва, 2018. – С. 374–376
- 7 **Амангелды, Т. Н., Есенгалиева, С. М.** Состояние и проблемы развития машиностроительного производства в Казахстане // Наука и образование: Новое время. – 2017. – 5 (22). – С. 244–250
- 8 Анализ состояния и тенденций развития машиностроительного производства // Вестник КарГУ. – 2007.
- 9 **Флагман железнодорожного машиностроения** // Наука и техника Казахстана. – № 1. – 2019. – С. 102–108
- 10 Материалы IV форума ОЮЛ «Союз машиностроителей Казахстана» <https://smkz.kz/forumy/>
- 11 **Бегентаев, М. М., Абишев, К. К.** Опыт подготовки квалифицированных кадров для машиностроительной отрасли // Наука и техника Казахстана. – № 3. – 2019. – С. 6–20
- 12 **Кудерин, М. К., Шерниязов, М. А., Абишев, К. К., Быков, П. О.** Организационно-технические проблемы подготовки специалистов в области машиностроения // Наука и техника Казахстана. – №3. – 2003. – С. 125-139
- 13 Государственная программа «Цифровой Казахстан», утверждённая Постановлением Правительства Республики Казахстан от 12 декабря 2017 года № 827.
- 14 **Мосунов И.** Индустрия 4.0: большинству предприятий Казахстана придётся прыгать через ступеньку // Informburo, 31 октября 2017 <https://informburo.kz/stati/industriya-40-bolshinstvu-predpriyatiy-kazahstana-pridyotsya-prygat-cherez-stupenku.html>
- 15 **Абишев, К. К., Касенов, А. Ж., Муканов, Р. Б.** Индустрия 4.0 // Материалы международной научно-практической конференции «VIII Торайгыровские

чтения», посвященной 25-летию Независимости Республики Казахстан. Т. 6 – Павлодар: ПГУ им. С. Торайгырова, 2016. – С. 88–94.

16 **Абишев, К. К., Итыбаева, Г. Т., Касенов, А. Ж.** Главные регионы машиностроения // Материалы международной научно-практической конференции «VIII Торайгыровские чтения», посвященной 25-летию Независимости Республики Казахстан. Т. 6 – Павлодар: ПГУ им. С. Торайгырова, 2016. – С. 100–112.

Материал поступил в редакцию 16.12.19.

***Шумейко Иван Алексеевич***

т.ғ.к., профессор, «Машина жасау және стандарттау» кафедрасы,  
Металлургия, машина жасау және көлік факультеті,  
С. Торайгыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,  
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы,  
e-mail: ivan\_shumeiko@mail.ru

***Касенов Асылбек Жумабекович***

т.ғ.к., профессоры, «Машина жасау және стандарттау» кафедрасы,  
Металлургия, машина жасау және көлік факультеті,  
С. Торайгыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,  
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы,  
e-mail: asylbek\_kasenov@mail.ru

***Әбішев Қайролла Қабдрахманұлы***

аға оқытушысы, «Өнеркәсіптік инжиниринг және дизайн» кафедрасы,  
Инженерлік-технологиялық факультеті,  
Инновациялық еуразия университеті,  
Павлодар қ., Қазақстан Республикасы, 140008  
Материал баспаға 16.12.19. түсті.

**Қазақстандағы машина жасаудың рөлі  
және саланың даму ерекшеліктері**

*Өнеркәсіп өнімінің әлемдік өндірісіндегі машина жасаудың рөлі көрсетілді, Қазақстандағы машина жасау саласының жай-күйіне сипаттама берілді, проблемалары мен даму жолдары көрсетілді.*

*Машина жасаудағы негізгі қаржылық емес және қаржылық проблемалар мен кедергілер ұсынылған: білікті кадрлардың тапшылығы; мемлекеттік қолдау шаралары шеңберінде бірыңғай тәсілдің болмауы; Индустрия деңгейінде ҚР кәсіпорындарының көп бөлігі 2,0; ФЗТКЖ және одан әрі коммерцияландырумен әзірлемелердің болмауы; Машина жасаудағы инвестициялардың төмен деңгейі; шикізат пен энергия тасығыштарға бағалардың ұлғаюы есебінен өзіндік құнның озық өсуі; сұранысты ынталандыру құралдарының іс жүзінде болмауы және т. б.*

*Кілтті сөздер: машина жасау, металл сыйымдылығы, еңбек сыйымдылығы, энергия сыйымдылығы, ғылым сыйымдылығы, өнім, индустрия, өндіріс.*

***Shumeiko Ivan Alekseevich***

Candidate of Technical Sciences, Professor,  
Department «Mechanical Engineering and Standardization»,  
Faculty of Metallurgy, Engineering and Transport,  
S. Toraigyrov Pavlodar State University,  
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan,  
e-mail: ivan\_shumeiko@mail.ru

***Kasenov Asylbek Zhumabekovich***

Candidate of Technical sciences, Professor,  
Department «Mechanical Engineering and Standardization»,  
Faculty of metallurgy, engineering and transport,  
S. Toraighyrov Pavlodar State University,  
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan,  
e-mail: asylbek\_kasenov@mail.ru

***Abishev Kayrolla Kabdrakhmanovich***

Senior Lecturer, «Industrialized Engineering and Design»  
Department, Faculty of Engineering and Technology,  
Innovative University Of Eurasia,  
Pavlodar, Republic of Kazakhstan, 140008

### **The role of mechanical engineering and features of industry development in Kazakhstan**

*The role of mechanical engineering in the world industrial production is shown, the characteristics of the state of the machine-building industry in Kazakhstan, problems and ways of development are given. The main non-financial and financial problems and barriers in mechanical engineering are presented: shortage of qualified personnel; lack of a unified approach within the framework of state support measures; most of the enterprises of the Republic of Kazakhstan at the level of Industry 2.0; lack of R&D and development with further commercialization; low level of investment in mechanical engineering; outstripping cost growth due to increased prices for raw materials and energy; practical lack of instruments to stimulate demand, etc.*

*Keywords: mechanical engineering, metal intensity, labor intensity, energy intensity, science intensity, industry, production.*

**Жанахутдинов Сергей Гафурович**

магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,  
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан,  
e-mail: zhanakhutdinov@mail.ru

**Богомоллов Алексей Витальевич**

к.т.н., профессор, кафедра «Металлургия», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,  
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан,  
e-mail: bogomolov71@mail.ru

**СПОСОБЫ ОТВОДА ТЕПЛА ОТ ПОВЕРХНОСТЕЙ  
ТОРЦЕВЫХ УПЛОТНЕНИЙ**

*Торцевые уплотнения являются одними из наиболее широко используемых компонентов во вращающихся механизмах, таких как насосы, компрессоры и т.д. Основной функцией торцевого уплотнения является предотвращение утечки технологической жидкости из отверстия между корпусом и валом насоса в окружающую среду. Избыточное тепло, выделяемое на поверхности торцевого уплотнения, является одной из основных причин выхода из строя механических уплотнений. В последнее время предпринимались различные попытки решить эту проблему, чтобы снизить температуру рабочих поверхностей торцевых уплотнений. В этой статье рассмотрены последние тенденции исследований в этом направлении.*

*Ключевые слова: теплообменник, механическое уплотнение, технологические жидкости, избыточное тепло, повышение надежности.*

**ВВЕДЕНИЕ**

Торцевое уплотнение конструктивно содержит два кольца пары трения, выполненные в виде поверхностей вращения, расположенных соосно и перпендикулярно оси вращающегося вала. Одно из колец пары трения - «контркольцо» неподвижно и закреплено либо в корпусе, либо во фланце оборудования (рисунок 1).



Рисунок 1 – Схема торцевого уплотнения

Ответное кольцо – подвижное в осевом направлении, обычно динамически или статически закреплено на валу и вращается вместе с ним. Кольца пары трения изготавливаются из специальных, как правило, твердых износостойких материалов, обладающих высокой теплопроводностью и низким коэффициентом трения [1]. Герметичность в паре трения обеспечивается за счёт создания контактного давления. Начальное контактное давление определяется рабочим усилием упругого элемента – пружины или набора пружин сжатия. При отсутствии вращения вала рабочие поверхности колец пары трения прижаты друг к другу усилием упругого элемента. Если в качестве рабочей среды уплотнений используется жидкость, то такие уплотнения обычно называют «жидкостными». Если в качестве рабочей среды для таких устройств используется газ, то такие прецизионные изделия обычно называют «сухими» или «газовыми».

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Причины, приводящие к повышению температуры между рабочими поверхностями торцевого уплотнения

У жидкостных торцевых уплотнений, тонкая пленка жидкости в зазоре между ответным и упорным кольцами должна поддерживаться для гидродинамической смазки поверхностей и разделения поверхностей колец, чтобы избежать сухого трения, вызывающего повышенный износ. Однако большинство уплотнений выходят из строя задолго до того, как изнашивается поверхность уплотнения.

Основной причиной отказа в большинстве приложений является чрезмерный нагрев. Как указывает Lebeck [2], когда температура рабочих поверхностей слишком высока, тонкая пленка смазочной жидкости может испаряться через зазоры, имеющиеся в торцевом уплотнении. Rare [3] изучал работу смазочной пленки и пришел к выводу, что при минимальной толщине смазочной пленки,

коэффициент трения выше теоретического из-за недостаточной смазки граней. А это в свою очередь также приводит к повышению температуры рабочих поверхностей и к испарению смазочной плёнки.

Также один из факторов, приводящих к повышенному износу рабочих поверхностей, это имеющий место их неравномерный нагрев. Li [4] проанализировал механические и термические деформации компонентов уплотнения и пришел к выводу, что термическая является более значительной, чем механическая деформация, поскольку она может деформировать рабочие поверхности и первоначально плоская поверхность уплотнения, приобретая легкую выпуклость. Doust and Parmar [5] пришли к аналогичному выводу. Они измерили давление и тепловые деформации компонентов уплотнения и продемонстрировали влияние повышения температуры поверхности раздела на толщину пленки жидкости. Они также показали, что, нагрев вызывает большие деформации, чем деформации, вызванные давлением, особенно в торцевых уплотнениях насосов, перекачивающих углеводороды.

Ещё одним фактором, ускоряющим износ рабочих поверхностей, является термоупругая деформация. К развитию термоупругой деформации, которая изменяет распределение контактного давления, приводит теплота, выделяемая при трении. Торцевые уплотнения при работе выше определенной критической скорости входят в состояние, известное как термоупругая неустойчивость (TEI), которое вызывает локализацию давления и чрезмерное выделение тепла, которые проявляются в виде горячих точек на рабочих поверхностях торцевых уплотнений [6]. Jang и Khonsari [7] была разработана модель для изучения термоупругой неустойчивости и обнаружено, что основная роль в развитии термоупругой неустойчивости играет шероховатость поверхности и смазочная плёнка.

Таким образом, тепловые характеристики, имеют первостепенное значение для эксплуатационных качеств торцевого уплотнения. Известно, что тепло в торцевом соединении, появляется за счет трения скольжения между рабочими поверхностями уплотнения и смазочной пленкой жидкости. Тепло, генерируемое на границе раздела, проходит через материалы уплотнительного кольца, и отводится охлаждающей жидкостью. Охлаждающая жидкость поступает либо из перекачиваемой рабочей жидкости, либо из находящегося под давлением резервуара.

Shirazi [8] пришел к выводу, что распределение температуры у жидкости внутри корпуса уплотнения практически равномерно, если между уплотнительными кольцами и стенкой корпуса существует относительно большой радиальный зазор.

Merat [9] исследовал термическое поведение механического уплотнения. Тепло, выделяемое на поверхности уплотнения, в основном отводится в жидкость вблизи границы раздела ответного и контрколец, а самые высокие температуры возникают вблизи внутреннего диаметра поверхности уплотнения.

Doane [10] также показал, что большие градиенты температуры возникают только в твердой области вблизи границы раздела.

Phillips [11] экспериментально определил тепловые характеристики механического уплотнения, и показал, что скорости жидкости в зазоре, между контр

и ответным кольцами меньше, чем в основном потоке. Это препятствует передаче тепла от ответного кольца в области тепловыделения на границе раздела уплотнения.

### ВЫВОДЫ

Таким образом, важным для минимизации влияния нагрева рабочих поверхностей торцевых уплотнений на их работоспособность необходима более высокая скорость промывочного потока и больший радиальный зазор между уплотнением и корпусом.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 [http://www.seals.highexpert.ru/publications/ms\\_how\\_work\\_standards.html](http://www.seals.highexpert.ru/publications/ms_how_work_standards.html) [Electronic resource]
- 2 **Lebeck, AO.** Principles and design of mechanical face seals. – John Wiley & Sons : New York, 1991.
- 3 **Pape, JG.** Fundamental research on a radial face seal. // ASLE Trans 1968; 11: 302–9.
- 4 **Li, CH.** Thermal deformation in a mechanical face seal. // ASLE Trans 1976; 19(2): 146-52.
- 5 **Doust, TG, Parmar, A.** An experimental and theoretical study of pressure and thermal distortions in a mechanical seal. // ASLE Trans 1986; 29: 151–9.
- 6 **Barber, JR.** Thermoelastic instabilities in the sliding of conforming solids. // Proc R Soc A 1969; 312: 381–94.
- 7 **Jang, JY, Khonsari, MM.** Thermoelastic instability with consideration of surface roughness and hydrodynamic lubrication. // J Trib 2000; 122: 725–32.
- 8 **Shirazi, SA, Soulisa, R, Lebeck, AO, Nygren, ME.** Fluid temperature and film coefficient prediction and measurement in mechanical face seals-numerical results. // Trib Trans 1998; 41(4): 459–70.
- 9 **Merati, P, Okita, NA, Phillips, RL, Jacobs, LE.** Experimental and computational investigation of flow and thermal behavior of a mechanical seal. // Trib Trans 1999; 42(4): 731–8.
- 10 **Doane, JC, Myrum, TA, Beard, JE.** An experimental-computational investigation of the heat transfer in mechanical face seals. // Int J Heat and Mass Transfer 1991; 34: 1027–41.
- 11 **Phillips, RL, Jacob, LE, Merati, P.** Experimental determination of the thermal characteristics of a mechanical seal and its operating environment. // Trib Trans 1997; 40(4): 559–68.

Материал поступил в редакцию 16.12.19.

***Жанахутдинов Сергей Гафурович***

магистрант, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,  
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы,  
e-mail: zhanakhutdinov@mail.ru

***Богомолов Алексей Витальевич***

т.ғ.к., профессор, «Металлургия» кафедрасы,  
С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,  
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы,  
e-mail: bogomolov71@mail.ru  
Материал баспаға 16.12.19.түсті.

**Бүйірлік нығыздағыштардың бетінен жылу бөлу тәсілдері**

*Бүйірлік нығыздағыштар* айналмалы механизмдерде кең қолданылатын компоненттердің бірі болып табылады, мысалға сорғыларда, компрессорларда және т.б. Бүйірлік нығыздағыштардың негізгі функциясы корпусстар арасындағы тесіктерден және қоршаған ортаға бағытталған білік сорғышынан технологиялық сұйықтықтың кетуін алдын алу болып саналады. Бүйірлік нығыздағыштардың бетінен бөлінетін артық жылу, механикалық нығыздаудың істен шығуының басты себебінің бірі болып келеді. Бүйірлік нығыздағыштардың жұмыстық бетіндегі температураны төмендету бойынша, осы ауқымды мәселені шешуге түрлі әрекеттер жасалынды. Осы мақалада осы бағытта соңғы үрдістегі зерттеулер қарастырылған.

*Кілтті сөздер:* жылумен алмасу, механикалық нығыздау, технологиялық сұйықтықтар, артық жылу, сенімділікті арттыру.

***Zhanakhutdinov Sergey Gafurovich***

undergraduate, Department of Metallurgy,  
S. Toraihyrov Pavlodar State University,  
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan,  
e-mail: zhanakhutdinov@mail.ru

***Bogomolov Alexey Vitalyevich***

Cand.Sci.(Eng), Professor, Department of Metallurgy,  
S. Toraihyrov Pavlodar State University,  
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan,  
e-mail: bogomolov71@mail.ru

**Ways of heat removal from surfaces of mechanical seals**

*Mechanical seals are one of the most widely used components in rotating machinery such as pumps, compressors, etc. The main function of the mechanical seal is to prevent the leakage of process fluid from the hole between the housing and the pump shaft into the environment. Excessive heat generated on the surface of the mechanical seal is one of the main reasons for the failure of mechanical seals. Recently, various attempts have been made to solve this problem in order to lower the temperature of the working surfaces of mechanical seals. This article discusses the latest research trends in this direction.*

*Keywords:* heat exchanger, mechanical seal, process fluids, excess heat, increased reliability.

ГРНТИ 73.34.01

**Макушев Юрий Петрович**

к.т.н., доцент, кафедра «Тепловые двигатели и автотракторное электрооборудование»,  
Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ),  
г. Омск, 644080, Российская Федерация,  
e-mail: makusev321@mail.ru.

**Абишев Кайратолла Кайроллинович**

к.т.н., профессор, кафедра «Транспортная техника и логистика»,  
Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,  
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан,  
e-mail: a.kairatolla@mail.ru.

**Асылва Карлыгаш Баймухановна**

докторант, кафедра «Транспортная техника и логистика»,  
Павлодарский государственный университет имени С.Торайгырова,  
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан,  
e-mail: asylova\_1973@mail.ru.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ  
ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ПУТЕМ АНАЛИЗА  
ЕГО ХАРАКТЕРИСТИК**

*Рассмотрены стенды для проведения обкатки, испытания и исследования двигателей внутреннего сгорания, дана методика определения и расчёта крутящего момента, эффективной мощности, удельного и часового расхода топлива. Для автоматического измерения расхода топлива рассмотрена возможность применения установки АИР-50, приведён пример расчёта удельного эффективного расхода топлива по результатам испытания двигателя. Разработана и испытана топливная система для дизеля 4ЧН 13/14 с отводом утечек топлива из полости форсунок при помощи эжектора, получено авторское свидетельство №1613671 РФ. Сравнительный анализ данных регуляторной характеристики дизеля 4ЧН 13/14 показал, что опытная система питания позволяет снизить удельный расход топлива на 2-3 г/(кВт·ч) при сравнении с серийной системой, устранить поступление утечек топлива в моторное масло.*

*Ключевые слова: стенд для испытания двигателей, нагрузочная и скоростная характеристики, расход топлива, крутящий момент и мощность, утечки топлива, эжектор.*

**ВВЕДЕНИЕ**

Характеристикой двигателя называется графическая зависимость одного или нескольких параметров работы двигателя от некоторого фактора (параметра), выбираемого в качестве независимого и непосредственно изменяемого экспериментатором в ходе испытаний.

Название и вид характеристики определяется независимой переменной, в качестве которой выбирается один из эксплуатационных или конструктивных факторов (частота вращения коленчатого вала, мощность, расход топлива, угол опережения зажигания (впрыска), коэффициент избытка воздуха).

В зависимости от того, какой параметр является независимой переменной и задаётся экспериментатором при проведении испытаний, характеристики двигателя делят на три основные группы: скоростные, нагрузочные и специальные.

В качестве зависимых переменных обычно принимаются эффективная мощность, крутящий момент, часовой и удельный расходы топлива.

Двигатели подвергают следующим основным испытаниям – приёмосдаточным, периодическим, специальным.

Приёмосдаточные испытания проводят с целью контроля качества сборки и регулировки двигателей. Они должны включать определение мощности, удельного расхода топлива и давления масла при номинальной частоте вращения и положении органов управления подачей топлива, соответствующей полной подаче топлива.

Периодические испытания проводят с целью контроля соответствия показателей двигателей техническим условиям на двигатели конкретных марок. При периодических испытаниях определяют номинальную мощность, максимальный крутящий момент, внешние скоростные характеристики мощности и крутящего момента. Для серийного двигателя номинальная мощность, максимальный крутящий момент и внешние скоростные характеристики считаются подтверждёнными, если их значения отличаются от указанных в технической документации на двигатель или автомобиль в пределах  $\pm 5\%$ .

Специальные испытания проводят после внесения в конструкцию или технологию изготовления двигателя изменений, которые могут повлиять на параметры двигателя, указанные в технических условиях, с целью оценки эффективности и целесообразности внесённых изменений.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1 Испытательные стенды и оборудование. Испытательный стенд должен иметь оборудование для измерения показателей работы двигателя с необходимой точностью в соответствии с ГОСТ Р 53639-2009 на испытания двигателей. Например, крутящий момент и расход топлива необходимо измерять с точностью  $\pm 1\%$ , частоту вращения коленчатого вала с точностью  $\pm 1,0\%$ , температуры охлаждающей жидкости и масла с точностью  $\pm 2^\circ\text{C}$ .

Стенд для типовых испытаний двигателя состоит из следующих основных узлов, аппаратуры и приборов [1] (рисунок 1):

- силовой установки с соответствующим типом двигателя;
- нагрузочного устройства (балансирной машины) с индикатором нагрузки;
- штатных контрольно-измерительных приборов данного двигателя;
- тахометра, секундомера, весов лабораторных.

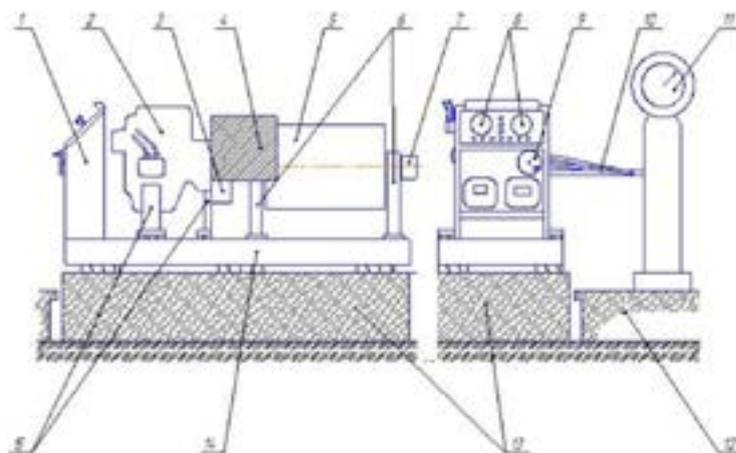
В качестве нагрузочного устройства применяется индуктивный тормоз – асинхронный двигатель с фазным ротором [2, 3]. Нагрузка на коленчатом валу двигателя задаётся тормозным моментом нагрузочного устройства. Тормозной момент зависит от величины тока в обмотке статора и изменяется с помощью

реостата. Корпус электродвигателя (статор) может качаться (в определённом интервале) на подшипниках, закреплённых в опорных стойках.

Контрольно-измерительные приборы позволяют контролировать режим работы двигателя, температуру охлаждающей жидкости и давление в системе смазки [4]. При помощи газоанализатора согласно требованиям ГОСТ Р 51249-99 определяют токсичность (вредность) отработавших газов [5].

При помощи тахометра контролируется частота вращения коленчатого вала двигателя. Измерение расхода топлива производится весовым методом.

Нагрузочной характеристикой называют зависимость основных показателей двигателя от нагрузки при постоянной частоте вращения коленчатого вала. При испытании двигателя на тормозном стенде нагрузку изменяют с помощью специального нагрузочного устройства. Постоянство скоростного режима для бензиновых двигателей осуществляется перемещением дроссельной заслонки, а у дизеля – поворотом рычага управления подачей топлива.



- 1 – пульт управления двигателем; 2 – двигатель внутреннего сгорания;  
 3 – муфта соединительная; 4 – защитный кожух соединительной муфты;  
 5 – нагрузочное устройство (балансирная машина); 6 – опоры балансирной машины;  
 7 – датчик частоты вращения коленчатого вала двигателя и ротора балансирной машины;  
 8 – контрольно-измерительные приборы двигателя;  
 9 – ручка управления подачей топлива; 10 – плечо нагрузочного устройства;  
 11 – индикатор нагрузки (весовое устройство); 12, 13 – плиты фундамента

Рисунок 1 – Общий вид стенда для испытания двигателей

Внешней скоростной характеристикой называют зависимость от частоты вращения эффективной мощности, крутящего момента, часового и удельного эффективного расхода топлива при полностью открытой дроссельной заслонке в бензиновом двигателе или положении рейки топливного насоса, соответствующем максимальной подачи топлива в дизеле.

На рисунке 2 показаны стенды для обкатки, испытания и исследования двигателей внутреннего сгорания. При испытании двигателей наиболее важными являются нагрузочная и скоростная характеристики.



Рисунок 2 – Стенды для обкатки, испытания и исследования двигателей внутреннего сгорания

2. Основные формулы, используемые при расчёте параметров двигателя в процессе его испытания. Испытание или исследование двигателей внутреннего сгорания выполняют согласно требованиям ГОСТ Р 52517-2005 [6] и ГОСТ Р 53639-2009 [7, 8].

При оценке качества двигателя уделяют внимание не только на его мощность, крутящий момент, частоту вращения коленчатого вала, число цилиндров, вид топлива, массу, токсичность отработавших газов, но также на эффективный удельный  $g_e$  и часовой расход топлива  $G_{\tau}$ .

По величине  $g_e$  оценивают совершенство протекания рабочего процесса двигателя (организацию процесса сгорания топлива). Лучшие современные отечественные и зарубежные дизели с электронным управлением процесса подачи топлива и воздуха имеют величину  $g_e$ , равную 0,17-0,18 кг/(кВт·ч).

Удельный эффективный расход топлива, кг/(кВт·ч) определяют расчётным путём по формуле

$$g_e = \frac{G_{\tau}}{N_e} = \frac{16,1}{70} = 0,23 \text{ кг/(кВт·ч)}. \quad (1)$$

где  $G_{\tau}$  – часовой расход топлива, кг/ч (например, 16,1 кг/ч);

$N_e$  – эффективная (снимаемая с коленчатого вала) мощность, кВт.

Обычно в процессе испытания двигателя часовой расход топлива определяют объёмным или весовым (массовым) способами. Расход топлива весовым способом определяют, используя выражение

$$G_{\text{ч}} = 3,6 \cdot \frac{\Delta G_{\text{T}}}{t_{\text{T}}}, \quad (2)$$

где  $\Delta G_{\text{T}}$  – доза (навеска) топлива, г;

$t_{\text{T}}$  – время в течение, которого навеска топлива расходуется (сжигается) двигателем.

Следует отметить, что цифра 3,6 получена в результате перевода г в кг. (1 кг равен 1000 г), а 1 час равен 3600 с.

Мощность – работа, выполненная за единицу времени. При вращении коленчатого вала мощность (Вт) равна

$$N_e = M_k \cdot \omega, \quad (3)$$

где  $M_k$  – эффективный крутящий момент на коленчатом валу двигателя, Н·м;

$\omega$  – угловая скорость, 1/с.

По формуле (3) мощность определяется в Вт, а, чтобы превратить ее в кВт необходимо правую часть формулы (3) разделить на 1000

$$N_e = \frac{M_k \cdot \omega}{1000} \quad (4)$$

Эффективный крутящий момент при испытаниях двигателя обычно определяют с использованием балансирующей электрической машины [4], которая является нагрузочным устройством (рисунок 3).



Рисунок 3 – Электрическая машина балансирующего типа с весовой головкой и тензометрическим датчиком для определения крутящего момента

Нагрузочное устройство имеет индикатор, при помощи которого измеряют крутящий момент. Индикатор выполнен в виде весовой головки. Пусть полная шкала весовой головки равна 200 кгс (1960 Н), шкала деления равна 0,1 кгс. Абсолютная погрешность равна  $\pm 0,05$  кгс (0,49 Н). Допустим, что при испытании

двигателя измеренная величина веса (нагрузки) составила 41 кгс или 401,8 Н силы. При длине плеча тормоза 1 м крутящий момент составит 401,8 Н·м.

Величину  $M_k$  определим по формуле

$$M_k = P_T \cdot L_T \quad (5)$$

где  $P_T$  – сила на индикаторе тормоза, Н;

$L_T$  – плечо тормоза, м.

Погрешность измерения крутящего момента на валу отбора мощности по ГОСТ Р 53639-2009 не должна превышать  $\pm 1,5\%$ .

Вместо массивной весовой головки для измерения силы на нагрузочном устройстве в настоящее время применяют малогабаритные сверхточные тензометрические датчики S-образного типа (рисунок 3). Датчик может измерять деформацию при растяжении или сжатии и передавать измеряемые величины (например, в Н) на пульт управления. Датчик типа SBA-300 способен работать при номинальной нагрузке до 300 кгс (2940 Н). Напряжение питания датчика 12 В, относительная погрешность измерения 0,3%. Различные виды датчиков типа SBA способны выдерживать максимальные нагрузки от 50 до 500 кгс. Датчик устанавливается при помощи тяги между плечом тормоза балансирной машины и фундаментной плитой [9–12].

Угловая скорость зависит от частоты вращения вала двигателя (об/мин или мин<sup>-1</sup>) и определяется из выражения

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} = \frac{\pi \cdot n}{30} \quad (6)$$

Так как правая часть формулы (4) разделена на 1000 (Вт преобразованы в кВт), а в формуле (6)  $\pi = 3,14$  и все выражение разделено на 30, то в результате сокращения 30000 на 3,14 получим

$$M_k = \frac{N_k \cdot n}{9554} \text{ или } M_k = \frac{9554 \cdot N_k}{\pi} \quad (7)$$

Подставляя в формулу (1) значение формул (2) и (7), окончательно получим

$$g_e = \frac{9554 \cdot 3,6 \cdot 50}{L_T \cdot M_k \cdot n} \quad (8)$$

Например, для данных приведенных выше и частоте вращения коленчатого вала двигателя 1750 мин<sup>-1</sup> удельный эффективный расход топлива составит

$$g_e = \frac{9554 \cdot 3,6 \cdot 50}{11 \cdot 401,8 \cdot 1750} = 0,23 \text{ кг / (кВт} \cdot \text{ч)}.$$

Для автоматического измерения расхода топлива рассмотрим возможность применения установки АИР-50, представленной на рисунке 4 [13, 14]. Главное её назначение – измерять период времени, за который расходуется (сгорает в камере двигателя) мерная навеска (доза, например, 50 г) топлива.

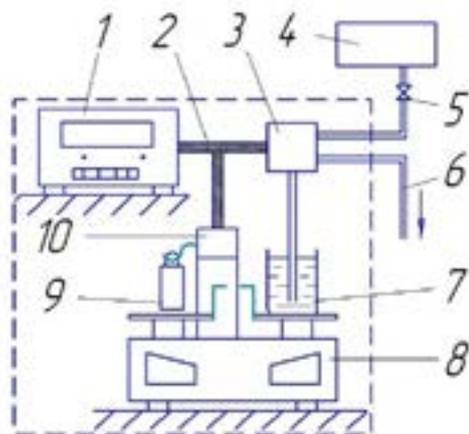


Рисунок 4 – Установка для измерения расхода топлива

На весах 8 установлена мерная ёмкость 7 для топлива, которая наполняется или опорожняется (сжигается) в зависимости от положения электромагнитных клапанов в блоке 3. В блоке управления 1 имеется электронный секундомер. Электромеханическое устройство 10, управляемое сигналами от блока 1, определяет массу груза 9 (например, 50 г). Момент равновесия весов фиксируется фотоэлектрическим механизмом. Электронный процессор, входящий в состав блока 1, определяет время расходования выбранной дозы топлива и обрабатывает полученную информацию. Если измерение не производится, то топливо из бака 4 по трубке 6 поступает к топливной системе двигателя.

3. Анализ характеристик дизелей и оценка их технико-экономических параметров. На рисунке 5 показано изменение крутящего момента  $M_k$ , эффективной мощности  $N_e$  и удельного эффективного расхода топлива  $g_e$  для скоростной характеристики дизеля ЯМЗ-238. По анализу изменения главных параметров двигателя  $M_k$ ,  $N_e$ ,  $g_e$  от частоты вращения коленчатого вала определяют технико-экономические показатели, особенно расход топлива.

При помощи испытательных стендов определяют технико-экономические показатели серийного двигателя без изменения его конструктивных параметров. В процессе его совершенствовании сравнительным способом определяют эффективность и целесообразность внесённых изменений в конструкцию его систем или механизмов.

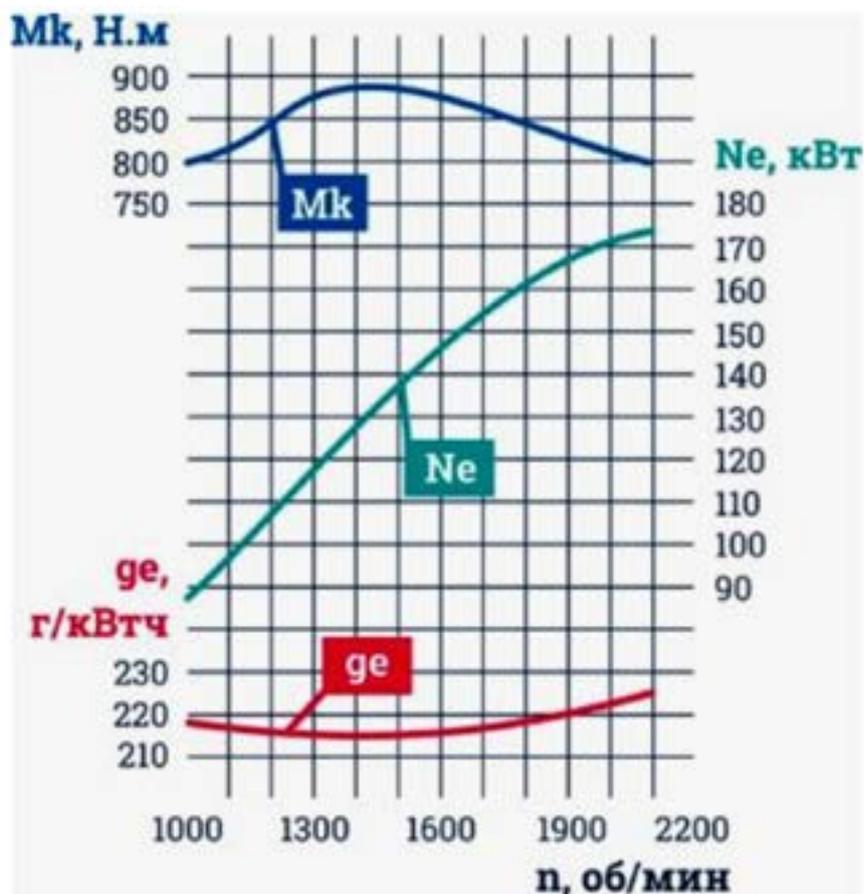
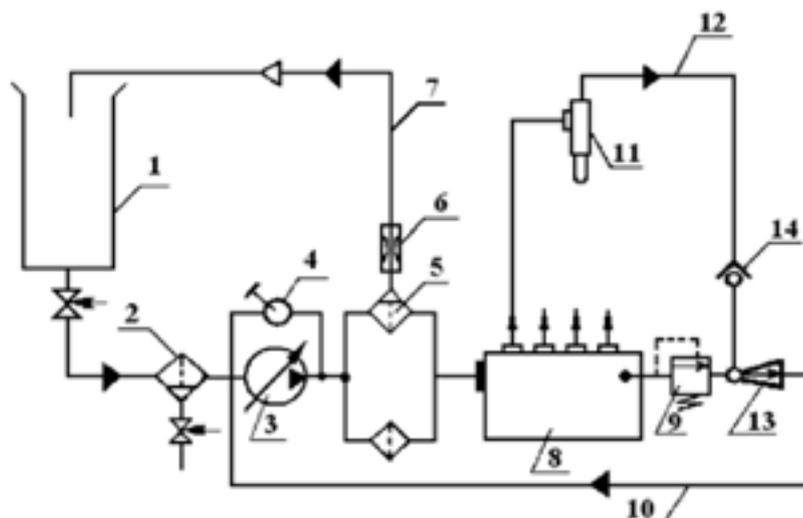


Рисунок 5 – Скоростная характеристика дизеля ЯМЗ-238

Рассмотрим результаты специальных испытаний дизеля Д-440 (4ЧН 13/14) мощностью 66 кВт (частота вращения коленчатого вала  $1750 \text{ мин}^{-1}$ ) при работе с системой отвода утечек топлива из форсунок во впускной коллектор (серийная система) и опытной с отводом течек при помощи эжектора в перепускную линию насоса высокого давления [9, 15]. Форсунки были укомплектованы распылителями с диаметрными зазорами 8 мкм, с давлением начала впрыскивания равным 19 МПа. Величина вакуумметрического давления контролировалась при помощи  $U$ -образного манометра, заполненного водой. Опыты проводились при температуре окружающей среды  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  и атмосферном давлении 741 мм.рт.ст. На рисунке 6 представлена система питания дизеля 4ЧН 13/14 с отводом утечек топлива из полости форсунок в линию низкого давления при помощи эжектора.



1 – бак топливный; 2 – фильтр грубой очистки; 3 – топливоподкачивающий насос; 4 – насос ручной прокачки; 5 – фильтр тонкой очистки; 6 – дроссель для отвода воздуха; 7 – сливной трубопровод; 8 – насос высокого давления; 9 – перепускной клапан (давление открытия 0,2 МПа); 10 – перепускная линия; 11 – форсунка; 12 – дренажная магистраль; 13 – эжектор с внутренним диаметром 2,5 мм; 14 – обратный клапан.  
Рисунок 6 – Система питания дизеля 4ЧН 13/14 с отводом утечек топлива из полости форсунок в линию низкого давления

На рисунке 7 показан разрез эжектора с обратным клапаном.

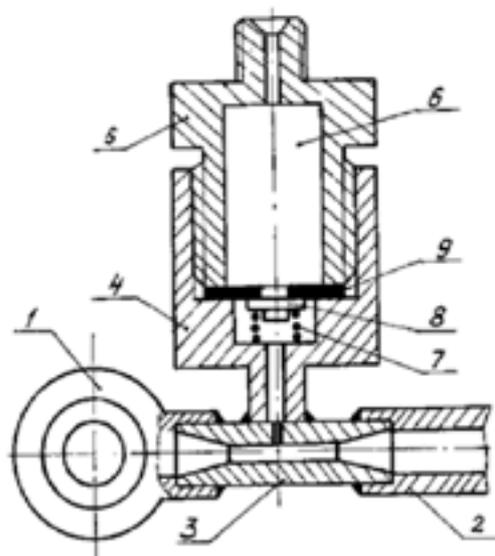


Рисунок 7 – Разрез эжектора с обратным клапаном

Между наконечником 1 и началом перепускной линии 2 установлен эжектор 3, представляющий собой плавное сужение и расширение с вертикальным каналом малого сечения. К эжектору 3 с внутренним диаметром 2,5 мм присоединён корпус 4 обратного клапан, который совместно со штуцером 5 образует дополнительный объем 6. Пружина 7 малой жёсткости прижимает обратный клапан 8 к седлу 9.

На рисунке 8 показана регуляторная (мощностная) характеристика дизеля 4ЧН 13/14, работающего с топливной аппаратурой, у которой отвод утечек топлива из форсунок осуществлялся в коллектор на впуске (серийный вариант) и в линию низкого давления при помощи эжектора (опытный вариант).

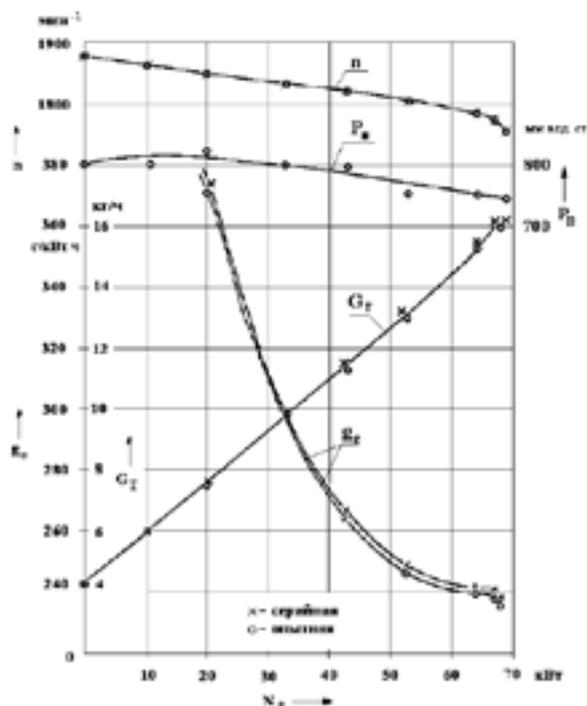


Рисунок 8 – Регуляторная характеристика дизеля 4ЧН 13/14

Часовой расход топлива ( $G_d$ ) и удельный расход ( $J_e$ ) при мощности менее 30 кВт у обеих систем практически не отличаются, т.к. двигатель работает на малых цикловых подачах с минимальными утечками топлива из форсунок. При мощности более 40 кВт величина  $J_e$  на 2-3 г/кВт меньше у опытной системы, чем у серийной.

Разрежение в эжекторе с обратным клапаном ( $P_B$ ) на номинальном режиме было равно 750 мм.вод.ст. и увеличивалось с уменьшением нагрузки. Это объясняется тем, что с уменьшением нагрузки снижается расход топлива, идущий на питание дизеля, и увеличивается слив топлива из головки насоса высокого давления, поступающий к эжектору.

При отводе утечек топлива в бак, а не во впускной коллектор, экономичность двигателя не изменится, но появляется вероятность утечек топлива в картер (при потере герметичности дренажной магистрали), ухудшая качество моторного масла.

### ВЫВОДЫ

1 Рассмотрены стенды, оборудование, приборы, для проведения испытаний двигателей внутреннего сгорания, дана методика определения и расчета крутящего момента, эффективной мощности, удельного и часового расход топлива.

2 Для определения величины крутящего момента на валу двигателя предложена балансирующая электрическая машина с весовым индикатором или малогабаритным сверхточным тензометрическим датчиком S-образного типа.

3 Для автоматического измерения расхода топлива рассмотрена возможность применения установки АИР-50, приведён пример расчёта удельного эффективного расхода топлива по результатам испытания двигателя.

4 Приведены стенды для обкатки, испытания, исследования двигателей внутреннего сгорания, показано графическое изображение скоростной характеристики дизеля ЯМЗ-238.

5 Разработана и испытана топливная система для дизеля 4ЧН 13/14 с отводом утечек топлива из полости форсунок в линию низкого давления при помощи эжектора. Данная система защищена авторским свидетельством РФ № 1613671.

6 Сравнительный анализ регуляторной характеристики дизеля 4ЧН 13/14 показал, что опытная система питания позволяет снизить удельный расход топлива на 2-3 г/(кВт ч) при сравнении с серийной системой, устранить возможное поступление утечек топлива в картер, которые ухудшают качество моторного масла.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Стендовые испытания двигателей внутреннего сгорания : [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / А. Л. Иванов, В. И. Подгурский, В. А. Каня, С. С. Войтенков. – Омск : СибАДИ, 2017. – Режим доступа : <http://bek.sibadi.org/fulltext/esd.pdf>.

2 Устройство и измерительная аппаратура стенда для испытания автотракторных двигателей : методические указания к лабораторным работам по дисциплинам «Испытания и экология ДВС», «Теория рабочих процессов поршневых двигателей», направления подготовки «141100-Энергетическое машиностроение». / В. А. Гурин, Ю. С. Уткин. – Н. Новгород: НГТУ, 2013. – 24 с.

3 **Сопин, П. К.** Испытания двигателей внутреннего сгорания : учебное пособие / П. К. Сопин, В. В. Голикова, Б. Л. Первухин. – Севастополь : СевНТУ, 2014. – 202 с.

4 ГОСТ Р 52517-2005. Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Характеристики. Часть 1. Стандартные исходные условия, объявление расхода

топлива и смазочного масла. Методы испытаний. – Введ. 2005-30-12. – М. : Госстандарт России : Издательство стандартов, 2004. – 30 с.

5 ГОСТ Р 51249-99. Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Выбросы вредных веществ с отработанными газами. Нормы и методы определений. – Введ. 1999-03-03. – М. : Госстандарт России : Издательство стандартов, 1999. – 18 с.

6 ГОСТ Р 52517-2005. Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Характеристики. Часть 1. Стандартные исходные условия, объявление расхода топлива и смазочного масла. Методы испытаний. – Введ. 2005-30-12. – М. : Госстандарт России : Издательство стандартов, 2004. – 30 с.

7 ГОСТ Р 53639-2009. Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Приемка. Методы испытания. – Введ. 2009-15-12. – М. : Госстандарт России : Издательство стандартов, 2009. – 16 с.

8 **Волкова, Л. Ю., Макушев, Ю. П.** Диагностирование процесса подачи топлива в дизелях // Наука и техника Казахстана. – 2018. – № 2. – С. 19–29.

9 Основы научных исследований и испытаний двигателей [Электронный ресурс] : практикум / Ю. П. Макушев, В. И. Подгурский, Л. Ю. Волкова. – Омск : СибАДИ, 2019. – Режим доступа : <http://bek.sibadi.org/ulltext/esd1033.pdf>

10 **Макушев, Ю. П., Рындин, В. В., Волкова, Л. Ю.**, Особенности эксплуатации топливной аппаратуры дизеля с замкнутым объемом форсунок // Наука и техника Казахстана. – 2019. – № 3. – С.

11 **Стефановский, Б. С.** Испытания двигателей внутреннего сгорания / Б. С. Стефановский, Е. А. Скобцов, Е. К. Корси и др. – М. : Машиностроение, 1972. – 368 с.

12 **Ордабаев, Е. К., Ахметов, С. И., Есаулков, В. С.** О расширении возможностей метода рециркуляции отработавших газов в поршневом двигателе внутреннего сгорания // Наука и техника Казахстана. – 2019. – № 1. – С. 22–26.

13 **Кассандрова, О. Н.** Обработка результатов измерений / О. Н. Кассандрова, В. В. Лебедев. – М. : Наука, главная редакция физ.-мат. литературы, 1970. – 104 с.

14 **Макушев, Ю. П.** Системы питания быстроходных дизелей : учебное пособие / Ю. П. Макушев. – Омск : Изд-во СибАДИ, 2004. – 181 с.

15 А.с. № 1613671 СССР, МКИ F 02 М 55/00. Топливная система дизеля / Ю. П. Макушев, Т. А. Макушева, В. А. Комаров, Л. М. Гамза, Г. С. Шаталов, В. С. Грачев, Р. И. Маслова В. Н. Ляпунов Н. В. Егоров (СССР). – 4629194; заявл. 02.01.1989; опубл. 15.12.1990, Бюл. № 46 – 4 с. : ил. 2.

Материал поступил в редакцию 16.12.19.

**Макушев Юрий Петрович**

т.ғ.к., доцент, «Жылу қозғалтқыштар және  
автотрактор электр жабдықтары» кафедрасы,  
Сібір мемлекеттік автомобиль-жол университеті (СибАДИ),  
Омск қ., 644080, Ресей Федерациясы,  
e-mail: makusev321@mail.ru.

***Абишев Кайратолла Кайроллинович***

т.ғ.к., профессор, «Көліктік техника және и логистика» кафедрасы,  
С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,  
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы,  
e-mail: a.kairatolla@mail.ru.

***Асылова Карлыгаш Баймухановна***

докторант, «Көліктік техника және и логистика» кафедрасы,  
С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,  
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы,  
e-mail: asylova\_1973@mail.ru.  
Материал баспаға 16.12.19.түсті.

**Іштен жану қозғалтқыштың сипаттамаларын талдау арқылы  
оның техникалық-экономикалық көрсеткіштерін анықтау**

*Іштен жану қозғалтқыштарын іске қосу, сынау және зерттеуге арналған қондырғылар қарастырылған, айналмалы моментті, тиімді қуатты, отынның меншікті және сағаттық шығынын анықтау және есептеу әдістемесі көрсетілген. Отын шығынын автоматты түрде өлшеу үшін АИР-50 қондырғысын пайдалану мүмкіндігі қарастырылған, қозғалтқышты сынау нәтижелері бойынша нақты тиімді отын шығынын есептеу мысалы келтірілген.*

*4ЧН 13/14 дизельді қозғалтқышқа арналған эжектор көмегімен форсунокалар қуысынан отынды шығаратын отын жүйесі жасалып сыналды; РФ №1613671 авторлық куәлігі алынды. 4ЧН 13/14 дизель қозғалтқышының реттеуіш сипаттамасы көрсеткіштерінің салыстырмалы талдауы тәжірибелік отын жүйесі сериялық жүйесіне қарағанда нақты отын шығынын 2-3 г/(кВт·сағ) төмендетуге мүмкіндік береді және мотор майына отынның ағуын жояды.*

*Кілтті сөздер: қозғалтқыштарды сынауға арналған қондырғы, жүктеме және жылдамдық сипаттамалары, отын шығыны, айнымалы момент пен қуат, отынның ағуы, эжектор.*

***Makushev Yuri Petrovich***

Cand.Sci.(Eng.), docent, Department of  
Thermal Engines and Automotive Electrical Equipment,  
Siberian State Automobile and Road University,  
Omsk, 644080, Russian Federation,  
e-mail: makusev321@mail.ru.

***Abishev Kairatolla Kairollinovich***

Cand.Sci.(Eng.), Professor, Department of  
Transport Equipment and Logistics,  
S. Toraighyrov Pavlodar State University,  
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan,  
e-mail: a.kairatolla@mail.ru.

***Asylova Karlygash Baimukhanovna***

PhD student, Department of  
Transport Equipment and Logistics,

S. Toraighyrov Pavlodar State University,  
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan,  
e-mail: asylova\_1973@mail.ru.  
Material received on 16.12.19.

### **Determination of technical and economic indicators of the internal combustion engine by analysis of its characteristics**

*Stands for running, testing and researching internal combustion engines are considered, a technique for determining and calculating torque, effective power, specific and hourly fuel consumption is given. For automatic measurement of fuel consumption, the possibility of using the AIR-50 installation is considered, an example of calculating the specific effective fuel consumption according to the results of an engine test is given. The fuel system for the 4CHN 13/14 diesel engine was developed and tested with the removal of fuel leaks from the nozzle cavity using an ejector; the author's certificate No. 1613671 was obtained. A comparative analysis of the load characteristic data of the 4CHN 13/14 diesel engine showed that the experimental power supply system allows to reduce specific fuel consumption by 2 - 3 g / (kW·h) when compared with the serial system, to eliminate the flow of fuel leaks into the engine oil.*

*Keywords: engine test bench, load and speed characteristics, fuel consumption, torque and power, fuel leakage, ejector.*

ГРНТИ 73.31.21

**Кызылбаева Эльвира Жанабековна**

доктор PhD, ст. преподаватель, Транспортно-дорожный факультет,  
Карагандинский государственный технический университет,  
г. Караганда, 100000, Республика Казахстан,  
e-mail: elvirakiz@mail.ru

**Омарова Асель Манарбековна**

магистрант, Транспортно-дорожный факультет,  
Карагандинский государственный технический университет,  
г. Караганда, 100000, Республика Казахстан,  
e-mail: asell\_omarova@mail.ru

**ЭКСПЕРТНЫЕ СИСТЕМЫ В АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

*В статье рассматривается реализация экспертных систем в автотранспортных предприятиях, теоретические предпосылки и возможности автоматизации накопления знаний экспертов и принятия решений при диагностировании агрегатов автомобилей. Показана логико-математическая модель процесса локализации неисправностей по их внешним проявлениям. Приведен укрупненный алгоритм постановки диагноза на основе внешнего проявления неисправности.*

*В статье также на простом примере выполняется локализация неисправности, используя теорию множеств, иерархическую структуру базы знаний и набор правил логического вывода. Также отмечается, что в диагностике технических объектов в качестве функции, выражающей взаимосвязь между техническим состоянием и диагностическими параметрами, используют диагностические матрицы, построенные на двузначных булевых функциях. С помощью булевых функций можно описать взаимосвязь между неисправностями и их внешними признаками.*

*Ключевые слова: экспертные системы, диагностирование, методы автоматизации, алгоритмы автоматизации, неисправность, булевые функции, матрица.*

**ВВЕДЕНИЕ**

В тех случаях, когда автомобилю проводят углубленное диагностирование (перед ТО-2), замеряется весь перечень диагностических параметров и на основе сравнения их с нормативами делается заключение о необходимости выполнения тех или иных видов работ. Методы и алгоритмы автоматизации постановки диагноза в таких случаях (на основе диагностических матриц) достаточно полно проработаны профессором Мирошниковым Л. В. [1].

Однако, когда у автомобиля обнаружены внешние признаки неисправности и требуется установить её причину, то достаточно измерить лишь ограниченный круг диагностических параметров. В этом случае оперативность и качество диагноза во многом зависит от опыта и квалификации оператора-диагноста. Современный уровень развития программирования и вычислительной техники позволяет создавать экспертные системы, которые могут накапливать знания и опыт квалифицированных специалистов и принимать грамотные решения. В данной статье рассмотрены теоретические предпосылки и возможности автоматизации

накопления знаний экспертов и принятия решений при диагностировании агрегатов автомобилей [2-4].

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Объект диагностирования можно представить в виде чёрного ящика (рисунок 1), который имеет множество технических состояний. Техническое состояние изменяется под влиянием множества входных воздействий что приводит к изменению множества внешних проявлений технического состояния .

Внешние проявления технических состояний зависят от технического состояния объекта и входных воздействий, т.е. являются их функцией:

$$S = F(X, Y). \quad (1)$$

Поскольку при диагностировании автомобиля входные воздействия  $Y_i$  стабилизируются, то выражение (1) преобразуется к виду:

$$\begin{array}{ccc}
 & & S = F(X). \\
 Y_1 & \rightarrow & \begin{array}{|c|} \hline X_1 \\ \hline \end{array} & \rightarrow & S_1 \\
 Y_2 & \rightarrow & \begin{array}{|c|} \hline X_2 \\ \hline \end{array} & \rightarrow & S_2 \\
 \dots & \rightarrow & \dots & \rightarrow & \dots \\
 Y_n & \rightarrow & \begin{array}{|c|} \hline X_n \\ \hline \end{array} & \rightarrow & S_n
 \end{array} \quad (2)$$

$Y_i$  – множество входных воздействий;

$X_i$  – множество технических состояний;

$S_i$  – множество внешних проявлений технических состояний.

Рисунок 1 – Представление объекта диагностирования в виде черного ящика

Иными словами, любое внешнее проявление состояния автомобиля – есть функция технического состояния его элементов при стабильном состоянии входных воздействий. Исходя из вышеизложенного, задача локализации неисправности по ее внешнему проявлению может быть сформулирована следующим образом: по известным внешним проявлениям неисправностей ( $S_i$ ) определить неизвестное фактическое техническое состояние ( $X_i$ ) элементов объекта диагностирования.

Очевидно, для решения данной диагностической задачи необходимо обратное преобразование функции (2) в зависимость типа:

$$X = f(S), \quad (3)$$

т.е. получение функциональной зависимости технического состояния от внешнего проявления неисправности. Однако зависимость (3) не может быть

реализована на практике, поскольку параметры  $S_i$  не имеют количественной оценки (например, не держат тормоза, не тянет двигатель).

Из теории диагностирования машин и механизмов известно, что техническое состояние объектов диагностирования характеризуется значениями структурных параметров ( $X_i$ ), но поскольку замер их затруднен, то для локализации неисправностей используют связанные с ними диагностические параметры  $D_i$ . Эту функциональную зависимость можно представить в виде:

$$X = f(D), \tag{4}$$

Из (3) и (4) следует, что техническое состояние объекта диагностирования функционально связано и с диагностическими параметрами, и с внешними проявлениями неисправностей. Диагностические параметры (D), в отличие от внешних проявлений неисправностей (S), могут быть замерены с помощью диагностических средств, т.е. зависимость (4) можно расписать в развернутом виде средствами математики [5-7].

В диагностике технических объектов в качестве функции, выражающей взаимосвязь между техническим состоянием и диагностическими параметрами, используют диагностические матрицы, построенные на двужначных булевых функциях. Отличительная особенность булевых функций заключается в том, что каждый ее элемент (как и сама функция) могут принимать только два значения: 0 и 1. Здесь «1» означает наличие связи между диагностическим параметром и техническим состоянием объекта, «0» – отсутствие такой связи.

С помощью булевых функций можно описать взаимосвязь между неисправностями и их внешними признаками, т.е. зависимость (3) и тогда поставленная выше диагностическая задача может быть решена в два этапа. На первом этапе по известному внешнему признаку выбирается круг возможных неисправностей с использованием зависимости (3). На втором этапе выполняется локализация неисправности с использованием зависимости (4).

В развернутом виде зависимость (3) и (4) можно представить в виде систем линейных уравнений:

$$\left. \begin{aligned} X_1 &= f_1(S_1, S_2, \dots, S_n) \\ X_2 &= f_2(S_1, S_2, \dots, S_n) \\ &\dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ X_n &= f_n(S_1, S_2, \dots, S_n) \end{aligned} \right\}, \tag{5}$$

$$\left. \begin{aligned} X_1 &= f_1 (D_1, D_2, \dots, D_n) \\ X_2 &= f_2 (D_1, D_2, \dots, D_n) \\ &\dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ X_n &= f_n (D_1, D_2, \dots, D_n) \end{aligned} \right\}, \quad (6)$$

В свою очередь системы линейных уравнений (5) и (6) можно представить в виде матриц взаимосвязей, структура которых представлены в таблицы 1 и 2.

В матрице таблица 1 каждой неисправности соответствует определенное ее внешнее проявление. Если на пересечении строки и столбца стоит 1, то соответствующее внешнее проявление связано с *i*-й **неисправностью, если стоит 0, то неисправность и внешнее проявление не связаны друг с другом.**

Таблица 1 – Матрица 1 – связи между неисправностями ( $X_i$ ) и их внешними проявлениями ( $S_i$ )

Неисправности	Внешние проявления			
	$S_1$	$S_2$	...	$S_n$
$X_1$				
$X_2$				
...				
$X_n$				

В матрице таблица 2 каждой неисправности соответствует определенный диагностический параметр. Если на пересечении строки и столбца стоит 1, то соответствующий диагностический параметр позволяет локализовать *i*-ю неисправность, если стоит 0, то неисправность и диагностический параметр не связаны друг с другом.

После того, как для объекта диагностирования сформированы матрицы 1 и 2, их необходимо проверить и, в случае необходимости, модифицировать.

В матрице 1 не должно быть столбцов, имеющих только 0. Если такой столбец существует, то данному внешнему признаку не соответствует ни одна неисправность. Такой столбец необходимо либо удалить, либо вставить в одну из строк пропущенную единицу, либо добавить пропущенную неисправность и связать её с данным внешним проявлением.

В матрице 2 не должно быть столбцов, имеющих только 1 или только 0. В обоих случаях диагностический параметр является не информативным и его нужно исключить, как не позволяющий локализовать неисправность. Кроме того, не должно быть строк с одинаковым сочетанием нулей и единиц.

Таблица 2 – Матрица 2 – связи между неисправностями и диагностическими параметрами

Неисправности	Диагностические параметры			
	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	...	D <sub>n</sub>
X <sub>1</sub>				
X <sub>2</sub>				
...				
X <sub>n</sub>				

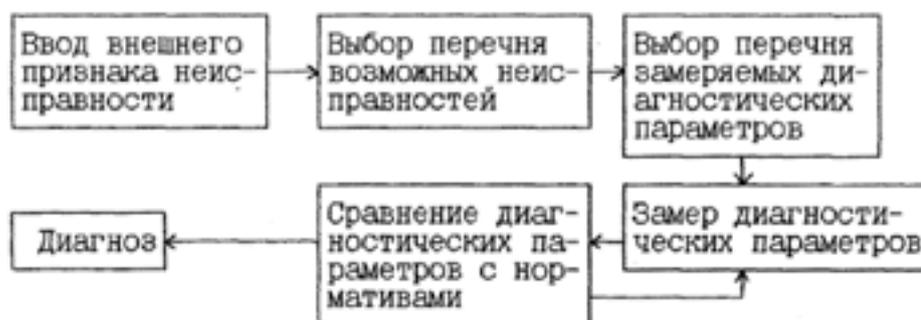


Рисунок 2 – Укрупненный алгоритм локализации неисправности на основе ее внешнего проявления

Укрупненный алгоритм постановки диагноза на основе внешнего проявления неисправности приведён на рисунке 2.

Локализацию неисправности можно выполнять, используя теорию множеств, иерархическую структуру базы знаний и набор правил логического вывода. Рассмотрим изложенные выше теоретические выкладки на элементарном примере. Даны две матрицы, описывающие зависимости (3) и (4).

Допустим, у агрегата автомобиля появилась неисправность, внешнее проявление которой (в матрице 1). В этом случае из множества неисправностей XI необходимо выбрать только те, которые относятся к подмножеству:

$$\{X_i = 1 \vee S_i = 1\}, \tag{7}$$

где *i* – номер строки.

Матрица 1. X = f(S)				Матрица 2. X = f(D)			
Неисправности	Внешние проявления			Неисправности	Диагностические параметры		
	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>		D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>
X <sub>1</sub>	0	1	1	X <sub>1</sub>	1	0	0
X <sub>2</sub>	1	0	1	X <sub>2</sub>	0	1	0
X <sub>3</sub>	1	1	0	X <sub>3</sub>	0	0	1

Для данного примера из матрицы 1 будут выбраны неисправности и .

Теперь из матрицы 2 необходимо выбрать те диагностические параметры, которые относятся к подмножеству:

$$\{(i=2 \vee D_{ij}=1) \vee (i=3 \vee D_{ij}=1)\}, \quad (8)$$

где  $i$  – номер строки;  
 $j$  – номер столбца.

В данном примере для локализации неисправности из матрицы 2 будут выбраны диагностические параметры  $D_1$  и  $D_2$ . Допустим, при диагностировании был замерен параметр  $D_2$ . Если окажется, что

$$D_2 > D_{2д}, \quad (9)$$

где  $D_{2д}$  – верхняя допустимая граница диагностического параметра, то имеет место неисправность  $X_2$ , в противном случае – неисправность  $X_3$ .

Описанные выше рассуждения относятся к одному узлу или агрегату автомобиля. Однако в реальной базе знаний должна храниться информация о всех основных агрегатах, кроме того агрегаты могут относиться к различным моделям (маркам) подвижного состава, что значительно усложняет логические правила, на основе которых происходит выбор нужного подмножества. Поэтому следующий раздел посвящён декомпозиционному анализу знаний, на основе которых строится данная экспертная система [8–10].

## ВЫВОДЫ

В этой статье мы рассмотрели реализацию экспертных систем в автотранспортных предприятиях, теоретические предпосылки и возможности автоматизации накопления знаний экспертов и принятия решений при диагностировании агрегатов автомобилей. Показали логико-математическая модель процесса локализации неисправностей по их внешним проявлениям. Привели укрупненный алгоритм постановки диагноза на основе внешнего проявления неисправности. В статье также на простом примере выполнили локализация неисправности, используя теорию множеств, иерархическую структуру базы знаний и набор правил логического вывода.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Мирошников, Л. В., Болдин, А. П., Пал, В. И.** Диагностирование технического состояния автомобилей на автотранспортных предприятиях. – М. : Транспорт, 1977. – 262 с.

2 **Кокаев, У. Ш., Бектаев, Б. Б., Касенов А. Ж., Жумашева, Ж. Т.** Автомобиль көлігінде қолданылатын сұйылтылған көмірсутекті газдың физикалық-химиялық қасиеттерін талдау // Наука и техника Казахстана. – 2019. – № 3. – С.

3 **Джексон, П.** Введение в экспертные системы. – М. : Изд. Вильямс, 2009. – 683 с.

4 **Усембаева, Л. К., Оспанов, А. Ж., Кайролла, Б. К.** К вопросу повышения эффективности эксплуатации грузовых автомобилей // Наука и техника Казахстана. – 2018. – № 4. – С. 102–108.

5 **Пантин, А. Г., Назарова, Ю. Н.** Анализ информационных систем для управления деятельностью автотранспортного предприятия [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <https://scienceforum.ru/2019/article/2018014003>

6 **Ныгыманов, А. Л., Усембаева, З. А., Жанайдаров, Ж. К., Имангазинова, Д. Б.** Актуальные проблемы и тенденции развития рынка транспортно-логистических услуг в Казахстане // Наука и техника Казахстана. – 2015. – № 3–4. – С. 75–79.

7 **Попов, Э. В.** Экспертные системы: Решение неформализованных задач в диалоге с ЭВМ. – М.: Наука, 2009. – 288 с.

8 **Убейко, В. Н.** Экспертные системы. – М.: МАИ, 2010. – 480 с.

9 **Уотермен, Д.** Руководство по экспертным системам. – М. : Мир, 1989. – 388 с.

10 **Кызылбаева, Э. Ж., Кадыров, А. С.** Анализ математических моделей прогнозирования запасных частей // Наука и техника Казахстана. – 2018. – № 2. – С. 56–62.

Материал поступил в редакцию 16.12.19.

***Кызылбаева Эльвира Жанабекқызы***

PhD докторы, аға оқытушы, Көлік-жол факультеті,  
Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті,  
Қарағанды қ., 100000, Қазақстан Республикасы,  
e-mail: elvirakiz@mail.ru.

***Омарова Асель Манарбековна***

магистрант, Көлік-жол факультеті,  
Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті,  
Қарағанды қ., 100000, Қазақстан Республикасы,  
e-mail: asell\_omarova@mail.ru.

Материал баспаға 16.12.19. түсті.

**Автокөлік кәсіпорындарындағы сараптамалық жүйелер**

*Мақалада автокөлік кәсіпорындарында сараптамалық жүйелерді іске асыру, автокөлік агрегаттарын диагностикалау кезінде сарапшылар білімін жинақтауды және шешім қабылдауды автоматтандырудың теориялық алғышарттары мен мүмкіндіктері қарастырылады. Олардың сыртқы көріністері бойынша ақауларды оқшаулау процесінің логикалық-математикалық моделі көрсетілген. Ақаулықтың сыртқы көрінісі негізінде диагноз қоюдың ірілендірілген алгоритмі келтірілген. Мақалада сондай-ақ қарапайым мысалда жиындар теориясын, білім базасының иерархиялық құрылымын және логикалық қорытынды ережелер жинағын пайдалана отырып, ақауды локализациялау орындалады. Сондай-ақ, техникалық нысандардың диагностикасында техникалық жағдай мен диагностикалық параметрлер арасындағы өзара байланысты көрсететін функция*

ретінде екі таңбалы түйреуіш функцияларда құрылған диагностикалық матрицалар қолданылады. Буль функциясының көмегімен ақаулықтар мен олардың сыртқы белгілері арасындағы өзара байланысты сипаттауға болады.

*Кілтті сөздер:* эксперттік жүйелер, диагностикалау, автоматтандыру әдістері, автоматтандыру алгоритмдері, ақаулық, бульдік функциялар, матрица.

***Kuzylbayeva Elvira Zhanabekovna***

PhD, Senior Lecturer, Transport and Road Faculty,  
Karaganda State Technical University,  
Karaganda, 100000, Republic of Kazakhstan,  
e-mail: elvirakiz@mail.ru

***Omarova Asel Manarbekovna***

undergraduate, Transport and Road Faculty,  
Karaganda State Technical University,  
Karaganda, 100000, Republic of Kazakhstan,  
e-mail: asell\_omarova@mail.ru  
Material received on 16.12.19.

**Expert systems in transport enterprises**

*The article deals with the implementation of expert systems in motor transport enterprises, the theoretical background and the possibility of automating the accumulation of knowledge of experts and decision-making in the diagnosis of vehicle units. A logical-mathematical model of the process of faults localization by their external manifestations is shown. An enlarged algorithm of diagnosis based on the external manifestation of the fault is presented. The article also provides a simple example of fault localization using set theory, hierarchical structure of the knowledge base and a set of inference rules. It is also noted that in the diagnosis of technical objects as a function expressing the relationship between the technical condition and diagnostic parameters, diagnostic matrices built on two-digit Boolean functions are used. Using Boolean functions, you can describe the relationship between faults and their external features.*

*Keywords:* expert systems, diagnostics, automation methods, automation algorithms, malfunction, Boolean functions, matrix.

FTAMP 06.81.12

**Асқаров Фани Асқарұлы**

аға оқытушы, «Бизнес-технологиялар» кафедрасы,  
Экономика және Бизнес жоғары мектебі, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті  
Алматы қ., 050056, Қазақстан Республикасы,  
e-mail: askarovg@mail.ru

**Жеңісов Ринат Тельманұлы**

4 курс студенті, «Бизнес-технологиялар» кафедрасы,  
Экономика және Бизнес жоғары мектебі,  
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,  
Алматы қ., 050056, Қазақстан Республикасы,  
e-mail: iamznsv@mail.ru

**Зиятбек Ринат Талағатұлы**

студент, 4 курс, «Бизнес-технологиялар» кафедрасы,  
Экономика және бизнес жоғары мектебі,  
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,  
Алматы қ., 050056, Қазақстан Республикасы,  
e-mail: rinat98z@mail.ru

**КӨЛІКТІК КОМПАНИЯЛАРДЫҢ АУТСОРСИНГТІ ҚОЛДАНУ ТИІМДІЛІГІ**

*Бұл мақалада аутсорсинг терминінің анықтамасы толық ашылып, оның енгізу және қолдану процесстері көрсетіледі. Көліктік компаниялардың аутсорсингті қолданудың тиімділігі анықталады. Аутсорсингтің негізгі түрлері мен оның тиімді және тиімсіз жақтары кесте ретінде көрсетіледі. Шетелдің аутсорсинг саласы дамыған компаниялар жұмысы зерттеліп, негізделеді. Олардың аутсорсингті қолдану ерекшеліктері көрсетіледі. Сол шетел тәжірибиесі елдің ішкі компанияларына қолдану мүмкіндігі мәселесі қарастырылады. Бухгалтерлік және статистикалық әдіспен аутсорсингті қолдану тиімділігі анықталады. Аутсорсингтің қай компанияларға қажет және қай компанияларда олсыз жұмыс жасауға болатыны көрсетіледі. Аутсорсинг пен инсорсингтің айырмашылықтары мен ерекшеліктері нақты факторлар мысалында айқындалады. Аутсорсингті қолданудың инновациялық және интеграциялық маңыздылығы ашылады. Аутсорсингті көліктік және логистикалық компанияларда қолдану мүмкіндігі және оның алып келетін тиімділігі негізделеді.*

*Кілтті сөздер: аутсорсинг, көліктің компания, инсорсинг, аутсорсингті компанияға енгізу.*

**КІРІСПЕ**

Аутсорсинг дегеніміз кез-келген функциялардың орындалуын сыртқы мамандандырылған кәсіпорындарға беруді білдіреді. Бизнес-процестерді, соның ішінде логистиканы аутсорсинг қазіргі кезде әлемдік тәжірибеде кеңінен қолданылады. Өндірушілер үшін логистикалық аутсорсингтің маңыздылығы компания сыртқы серіктеске сеніп тапсыра алатын логистикалық функцияларды ұйымдастыру үшін өздерінің ресурстарын пайдалану қажеттілігінің болмауы болып табылады. Нәтижесінде негізгі іс-әрекеттерді дамыту үшін капитал босатылады, жобаларды өзірлеу мерзімі қысқарады, сыртқы орта мен нарықтағы өзгерістерге бейімделу қарқыны жоғарылайды.

Логистиканың маңызды элементтерінің бірі – бұл қандайда бір тауар кәсіпорындарына қызмет көрсететін көлік: шикізат пен материалдарды қоймаға жеткізу, тауарлардың ішкі қозғалысы және тұтынушыларға дайын өнімді жеткізу. Әдістердің әрқайсысы белгілі бір артықшылықтар мен кемшіліктерге ие, бұл кәсіпорындарға көлік қызметін ұйымдастырудың ең жақсы әдісін таңдауды қиындатады. Бұл жағдайда критерий ретінде көлік шығындарының ең аз мөлшерін пайдалану ұсынылады. Іс жүзінде ұсынылған критерийді қолдану жылжымалы құрам өнімділігінің өсуіне ықпал етеді және көлік шығындарының өзіндік құнын төмендетеді.

Алғашында аутсорсинг сөзінің тарихын және оның әлемдік тенденцияға айналуын қарастырсақ, ағылшын тілінен шыққан «аутсорсинг» сөзі екі сөздің бірігуінен шыққан: «сыртқы» және «дереккөзі». Осылайша, аутсорсинг – бұл қарапайым түрде, компанияның осы саланың маманы болып табылатын басқа компанияның өндірістік немесе бизнес-процестерінің бір бөлігін беру процесі. Негізгі өндіріске қатысы жоқ, бірақ аутсорсинг үшін стратегиялық маңызды процестерді беру арқылы (басқалардың функцияларын өз мойнына алатын компания) компания өзара тиімді айырбас жасайды. Бір реттік қолдау және аутсорсинг ұғымдарының арасындағы айырмашылықты ескерген жөн. Бір реттік қолдау эпизодтық сипатта болады, ал аутсорсинг қызметі белгілі уақыт аралығында аутсорсингтік компаниямен жасалады [1].

#### ЗЕРТТЕУ НЫСАНЫ МЕН ӘДІСТЕРІ

Зерттеу объектісі ретінде: Қазақстан Республикасының және шетел мемлекеттердің аутсорсингті қолданатын компаниялар алынды.

Зерттеу құралы: Қазақстан Республикасындағы экономикалық нарықтағы компаниялардың бәсекелестілігін арттыру және олардың шетел компанияларымен теңдесеуін қарастырылуы.

Жұмыстың теориялық және әдістемелік негізін шетелдік және отандық ғалымдардың еңбектері қалады. Зерттеу кезінде жүйелік әдіс, экономикалық-статистикалық талдау әдістері қолданылды.

Зерттеудің ғылыми жаңалығы: аутсорсингті енгізу мен оның қолдануының тиімділігін көрсету болып табылады. – «аутсорсинг» терминінің қазақша анықтамасы нақтыланды; – аутсорсинг пен инсорсингтің айырмашылықтары көрсетілді; – аутсорсингтің компанияға енгізудің басымды және басымды емес жақтары көрсетілді; – көліктік компаниялардың бәсекеге қабілеттілігін арттыру процесі айқындалды.

#### НӘТИЖЕЛЕРІ МЕН ОЛАРДЫ ТАЛДАУ

Компанияларды аутсорсингке жүгінуге не итермелейді? Біріншіден, негізгі қызметпен қатар жүретін салаларға құнды уақытты жұмсамау: бағдарламалық жасақтама, есеп, техникалық қызмет көрсету.

Аутсорсинг түрлері:

1 Өндірістік аутсорсинг. Өндірістік функциялардың бір бөлігі үшінші тарап ұйымына беріледі. Мысалы, баспа құралдарын қолданатын жарнама агенттіктері.

2 Бизнес-процесті аутсорсинг. Компания өзінің негізгі қызметі болып табылмайтын бизнес-процестерді үшінші тарап компаниясына береді. Классикалық мысал - бухгалтерлік қызметтерді аутсорсинг.

3 IT аутсорсинг. Компанияның ақпараттық жүйелері техникалық қолдау және бағдарламалық қамтамасыз етумен айналысатын сервистік ұйымдарға беріледі. Берілген функциялардың тізіміне мыналар кіруі мүмкін: веб-сайтты әзірлеу, бағдарламалық қамтамасыздандыру немесе оны әзірлеу, компьютерге және соған сәйкес жабдыққа техникалық қызмет көрсету [1-3].

Кесте 1 – Аутсорсингті қолданудың тиімді және тиімсіз жақтары [1]

Аутсорсингті қолданудың тиімді жақтары	Аутсорсингті қолданудың тиімсіз жақтары
<p>Экономикалық тұрғыдан алғанда, аутсорсинг тарту компанияға шығындарды едәуір азайтуға мүмкіндік береді. Компания қосымша құрылымды сақтап, қызметкерлер құрамын көбейтудің қажеті жоқ. Мәміле бойынша шығындарды азайтуға болады. Кейбір бекітілген шығындар белгілі бір уақыт кезеңінде компанияның қажеттіліктеріне байланысты ауыспалы болып өзгеруі мүмкін.</p>	<p>Шығындардың өсуі. Егер компания тым көп процестен шығатын болса, бұл мүмкін. Сонымен қатар, аутсорсинг жүйесін енгізу шығындарды мұқият есептеуді және оларды күтілетін экономикалық нәтижемен салыстыруды қажет етеді. Мәміле бойынша шығындар артуы мүмкін. Аутсорсингтік компанияның банкроттыққа ұшырау мүмкіндігін жоққа шығаруға болмайды.</p>
<p>Стратегиялық міндеттерді іске асыру тұрғысынан аутсорсинг ресурстарды негізгі өндіріске шоғырландыруға, сонымен қатар операциялық бақылауды жетілдіруге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, жаңа технологиялық немесе басқарушылық операцияларды енгізу процесі жеңілдейді.</p>	<p>Сыртқы процестердің орындалуын бақылау жоғалуы мүмкін. Менеджмент пен іскери тәжірибе арасындағы байланысты жоғалтуы мүмкін. Басқару икемділігінің төмендеуі.</p>
<p>Технологиялық жағынан, аутсорсинг жоғары технологияларға қол жеткізуге мүмкіндік береді. Егер штатта қажетті мамандар болмаса, оларды аутсорсинг бағдарламасы арқылы тартуға болады. Аутсорсинг жағдайында қызмет көрсету сапасы едәуір артады, өйткені үшінші тарап серіктестік келісімшарт бойынша ұсынылатын жұмыстың сапасын бақылауға міндетті.</p>	<p>Технологиялық процестердің бір жерде шоғырлану қаупі. Бұл қайтадан компанияны белгілі бір бизнес-процестерге икемділіктен айырады.</p>

Аутсорсингті қолдану тиімді ме әлде тиімді емеспе деген сұраққа нақты жауап беру үшін статистикалық мәліметтерге мән берген жөн. Американдық басқару қауымдастығы 600 фирма арасында сауалнама жүргізді. Олардың 20 %-ы бірнеше қаржылық операцияларды, 80 %-ы әкімшілік функцияларды жүзеге асырғаны белгілі болды [4].

Кез-келген ұйымның ішінде процестерді ресурстармен қамтамасыз етудің әртүрлі нысандарының (таңдау, аутсорсинг және басқа аралық нысандар) арасында әрқашан таңдау болады. Алайда түпкілікті шешім бірқатар нақты шарттарға байланысты. Ресурстардың белгілі бір көзін таңдауға әр түрлі факторлардың әсер ететінін анықтау үшін Рудай И. Л. талдауы өткізілді. Талдау нәтижелері 2-кестеде келтірілген.

Бұл кестеде көрсетілгендей, компанияның өзінің спецификасы мен миссиясына байланысты не аутсорсингті не инсорсингті таңдау қажет. Екі қызметтің түрлі факторлар бойынша ерекшеліктері байқалады. Бірақ көлік саласына аутсорсингті қолдаған тиімді, себебі сол көрсетілген факторлар бойынша бұл салаға неғұрлым аутсорсингтің қызметтері икемді.

Қазақстан Республикасының компаниялары және олардың аутсорсингті қолдану туралы айтпай тұрып, шетелдік тәжірибе және шетелдік компаниялардың аутсорсингті қолдану модульдерін қарастырайық.

Аутсорсингтің № 1 моделі – «сату-басқару-сатып алу».

Виртуалды басқару дегеніміз - құндылық ұсынысының мәнін толық түсіну, жедел қызмет көрсететін барлық провайдерлерді сәйкестендіру және жеткізілім тізбегіндегі ашықтықты қамтамасыз ету үшін технологияны қолдану.

4PL санатындағы кез-келген провайдер үш негізгі сипаттамаға ие болуы керек, яғни «сатуға», «басқаруға» және «сатып алуға» қабілетті болуы керек.

«Сату» дегеніміз – құндылықты ұсынудың мәнін түсіну және 4PL санатындағы провайдер өзара әрекеттесетін әртүрлі тұтынушылардың қажеттіліктеріне толық сәйкес келетін коммерциялық ұсыныстарды құру және дамыту. 4PL-де де, одан кейін де қолданылатын көрсеткіштер картасы аутсорсинг шарттары барлық логистикалық шығындар мен қызмет көрсету деңгейі туралы келісімнің өзара тиімді жағдайға және «жақсарту аймағы» деп аталатын жағдайға әкелетінін көрсетеді, мұнда үздіксіз жетілдіру нұсқасы белсенді түрде жүзеге асырылады.

Кесте 2 – Аутсорсинг пен инсорсинг арасындағы таңдау [5–7]

Фактор	Инсорсинг	Аутсорсинг
Соңғы өнімнің сапасы	Сапа тұрақсыз	Сапа деңгейі аутсорсинг компанияның қызметіне тәуелді
Технологиялық интеграция дәрежесі	Жоғарғы деңгейде	Төмен
Меншікті ресурстардың немесе процестердің ерекшелігі	Айрықша ресурстар	Стандартты ресурстар
Жеке құрамның біліктілігі	Біліктілігі жоғары	Қызметкерлерге қойылатын стандартты талаптар
Кадр мүмкіндіктері	Ресурс басқарылады	Экономикасы, инфрақұрылымы және нақты сыртқы ресурстарға қол жетімділігі арқасында
Меншікті инфрақұрылым	Өзірленген (артық)	Минимум (сыртқы пайдалану)
Сыртқы жеткізушілерге тәуелділік	Жеке жауапкершілік	Жоғарғы деңгейде
Жауапкершілік және тәуекелдер	Максимум	Келісім шарттарымен шектелген
Бақылау	Өте жоғарғы дәрежеде	Келісім-шарт аясында
Әлемдік ресурстарға қол жеткізу	Шетелде өз бөлімшелерін құру (оффшор)	Жеткізушімен ынтымақтастық аясында
Инновациялық әлеует	Ішкі ресурстармен ұйымдастырылған	Нарық мамандандырылған қызметтермен шектелген

Аутсорсингтің № 2 моделі – «find-help-extract-share».

Мұндағы мән тек мәнді табуға ғана емес, сонымен қатар құнды анықтауға және оны басқа қатысушылармен бөлуге де назар аударады. Мұның бәрі 4PL ұйымын қалыптастыру және оның сәтті жұмысын қамтамасыз ету кезінде ескерілуі керек маңызды факторлар болып табылады [8, 9].

Аутсорсингтің белсенді және ауқымды мүмкіндіктерін толығымен ескере отырып, дұрыс ішкі ортаны құру мұқият ақпарат алуды және оны барлық мүдделі тараптарға жеткізуді қажет етеді. Бұл процесстің маңызды құрамдас бөлігі жұмысшылар (жұмысшылар) мен жұмысшылардың (ақ жұмысшылар) арасындағы қатынастарды басқару болып табылады [10].

Шетелдік компаниялар аутсорсингті кеңінен қолдану тенденциясы орын алған. Себебі, аутсорсингті тиімді орындайтын компаниялар саны көп және олардың қызметінің сапасы жоғары. Бұл компаниялардың бәсекелестік деңгейі жоғары болғандықтан, сапа және баға саясатын кеңінен қолданады және бұл аутсорсингті қолданатын компаниялар үшін өте тиімді болып табылады. Дамыған елдердегі ірі компаниялар күрделі соңғы өнім шығаратын жоғары технологиялық өндірістердің өсуіне ықпал ететін әлемнің дамып келе жатқан аймақтарында инновацияның дамуын анықтайды. Мысалы, аутсорсингтің арқасында Үндістанда экономиканың жоғары технологиялық саласы жылына 30 % -ға дейін өсіп келеді. Үндістан ақпараттық технологиялар саласындағы аутсорсингті қолдану бойынша танымал орталыққа айналды, бұл ел жылына 45 млрд. аутсорсингтен пайда табады. Қазіргі уақытта елде аутсорсинг тәжірибесі он жылдан асады және осы саладағы ғаламдық жобалардың 80 % -дан астамы бар [11, 12].

Шетелдік компаниялардың аутсорсингті қолдану ерекшеліктері:

- 1 Аутсорсингтік компаниялармен серіктестік қатынасты ұстанады.
- 2 Аутсорсингтің тиімділік деңгейі жоғары.
- 3 Аутсорсер орындаған қызметіне жауапкершілікті толық өз мойнына алады.
- 4 Қаржылық және өзгеде қызметтер мен құжаттар соңғы технологиялар бойынша орындалады.

Қазақстан Республикасындағы аутсорсингті қолдану және оның тиімділігін анықтау үшін нарықта салыстырмалы тұрғыда жас болып табылатын көліктік-экспедиторлық «ЖШС Югентас Транс Сервис» компаниясын алайық. Бұл компания 15 жұмысшысы бар шағын кәсіпкерлік болып табылады. Негізгі қызметі қалааралық және халықаралық тасымалдарды ұйымдастыру.

Бүгінгі таңда, шағын компания Алматы қаласында нарықта өз орнын алған және тікелей тұтынушылар арасында танымал болып табылады. «ЖШС Югентас Транс Сервис» компаниясының қызметінің нәтижелері оң динамиканы көрсетеді. Сонымен бірге, компанияда келесі мәселелер туындайды (3 кесте):

– ату бөлімі мен маркетингтік бөлімнің қарқынды жұмысынан соң тапсырамалар саны өсіп, компания негізінде бар логистикалық кадрлар мен көлік санының жетіспеушілігі көрінеді;

– көлік санының аздығы және жалдамалы жүргізушілердің жауапкершіліксіздігі және олардан туындайтын шығындар көлемінің өсуі;

– түскен тапсырмалардың толыққанды орындалмауы, бұдан тұтынушылардың сенімі жоғалып, тапсырманың орындалмауынан шығындар деңгейінің жоғарлауы.

Кесте 3 – Тасымаладау бойынша тапсырма орындаудың айлық шығындары

Түрі бойынша құны	Сомасы, мың тг.
Менеджерлердің жалақысы	720
Сактандыру	190
Әлеуметтік төлемдер	40
Жұмыс орнының жалдауы	96
Компьютерлер	100
Бағдарламалық жасақтама	28
Қалааралық келіссөздер	36
Интернет	38
Іссапар шығыстары	132
Ұялы байланыс	27
Оқу, семинарлар	16
Кеңсе тауарлары	16
Негізгі құралдардың тозуы	12
Жарнамалау	60
Барлығы	1511

3 кестеден көретініміздей, негізгі тасымалдауға кететін шығындар табысы жоғары компания үшін тым жоғары емес. Бірақ жоғарыда айтылған мәселелерден, яғни тапсырыстар көлемінің толық орындалмауынан туындайтын жанама шығындар бар (4 кесте).

Кесте 4 – Тапсырыстар орындалмағандық туындайтын жанама айлық шығындар

Шығындар бабы	Сомасы, мың тг.
Өндіріс жоспарын орындамағаны үшін жоғалған пайда	147
Дайын өнімді қысқа мерзімде жеткізбегені үшін айыппұлдар	210
Қарыз қаражатын пайдаланғаны үшін банктік комиссия сомасы	132
Барлығы	489

Компанияның басты мәселесі түскен тапсырыстар көлемін толық орындау мүмкіндігінің жоқтығы. Соған байланысты компания аутсорсингқа көшуге мәжбүр болды. Компания тасымалдаумен айналысатын және құрамында көлік саны жоғары Exline курьерлік компаниясына кейбір тасымалдау қызметтерін берді. Exline курьерлік компаниясы 2003 жылдың 31 шілдесінде құрылған. Қысқа мерзімде Exline компаниясы өзін Қазақстанның көптеген компаниялары мен халықаралық бизнестің сенімді серіктесі ретінде көрсете отырып, пошта байланысы нарығында лайықты орын алды.

Exline курьерлік компаниясы – пошта операторы және жоғары сапалы жедел және курьерлік пошта қызметтерін ұсынады. Пакеттік хат-хабарларды, сәлемдемелер мен тауарларды тасымалдау және жеткізу әуе, теміржол, автомобиль көлігімен, есіктен есікке дейін жүзеге асырылады.

Exline курьерлік компаниясының үнемі дамып келе жатқан аймақтық желісі және сенімді әлемдік және аймақтық серіктестермен өзара әрекеттесу Қазақстан Республикасының аймақтық және аудандық орталықтарына, Еуразия одақ елдеріне және әлемге сенімді және уақтылы жеткізілуін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Exline курьерлік компаниясы пошта қызметтері нарығында тәжірибе, хат-хабарларды, сәлемдемелер мен тауарларды тасымалдау және жеткізудің дәлелденген технологиясына ие. компания қызметкерлерінің білімі мен кәсібилігі сенімді сапа мен жоғары қызмет көрсетуді қамтамасыз етеді.

Exline курьерлік компаниясының жеке автомобиль көлігі, кеңселері, өндірістік базасы және әр түрлі жеткізілімдерді өңдеу, сақтау және сақтау үшін ақпараттық логистикалық орталықтың аумағында қауіпсіз қойма бар.

Exline курьерлік компаниясы ұсынатын қызметтердің барлық түрі жіберілген тауарлардың сақталуы жағдайында мүмкіндігінше тезірек қол жетімді бағамен тіркелген тауар белгісімен жүзеге асырылады. Компанияның жауапкершілігі Қазақстан Республикасының сақтандыру компаниясында сақтандырылған.

Exline курьерлік компаниясы экспедиторлық заттар үшін өздігінен көшірмелі консигнациялар мен орам материалдарын (конверттер, пакеттер және гофрленген қораптар) ұсынады. Барлығына қол жетімді қызмет көрсететін Exline курьерлік компаниясы әр клиентке жеке көзқарас ұсынады [13].

Сонымен, ЖШС «Югентас Транс Сервис» компаниясы Exline курьерлік компаниясына келесі қызметтерді аутсорсер ретінде берді:

- 1 Халықаралық тасымалдауды орындау және оның құжаттамасын толтыру.
- 2 Көп мөлшердегі немесе ірі габаритті жүктерді тасымалдау қызметін орындау.
- 3 Кедендік мәселе және кедендік қоймалау процессі.
- 4 Көлікпен қамтамасыз ету.
- 5 Менеджер логист кадр жұмысын орындау.

Аутсорсерге кейбір қызметтерді бөліп бергеннен кейін, компанияның аутсорсингті қолдану тиімділігін есептесек, тасымалдау функциясын ұйымдастырудың жалпы құны 1 511 мың теңгені құрады. Тапсырысты орындау тек ішкі кадрларды қолдану процессін бір бөлігінде есептелгендіктен, бұл функцияны аутсорсингке өткізудің орындылығын есептеу үшін, жеткізуді ұйымдастыруға кеткен шығындар 756 мың теңге мөлшерінде ескерілді. Жанама шығындарды ескере отырып, есептеу үшін қабылданған шығындардың жалпы сомасы 1245 мың теңгені құрады.

Келесі қадам нарықтағы аутсорсинг қызметтерінің құнын анықтау болды.

Талдау аутсорсингтің мүмкін болатын қызметтерінің алдын-ала құнын анықтауға мүмкіндік берді. Нарықта олардың қызметтері материалдарды жеткізу шарты бойынша мәміле сомасының 5-тен 10 % -на дейінгі мөлшерде анықталды. Нарықтағы тасымалдау процессін ай сайынғы ұйымдастыру құны 5850 мың болғандықтан, аутсорсингтің қызметі 292 мың теңгеден 585 мың теңгеге дейін болуы мүмкін. Бұл кезеңде қызметтерді жеткізуге кеткен шығындар

ағымдағы кезеңдегі көлік шығындарына тең қабылданды, сондықтан олар жалпы экономикалық тиімділікті есептеу кезінде ескерілмеді.

Бұл жағдайда жалпы экономикалық тиімділікті алдын-ала есептеу қызметтердің максималды құны бойынша жүзеге асырылды – 10 %, яғни 585 мың теңге. Осы бастапқы жағдайларда алдын-ала экономикалық тиімділік 660 мың теңгені құрады (1245 мың теңге – 585 мың теңге).

Алдын-ала есеп 660 мың теңге мөлшерінде оң жалпы экономикалық нәтиже көрсетті. Сонымен бірге, кәсіпорында жабдықтау бойынша екі маман босатылып, қалған жұмысшылар орындаған жұмыс түрлерінің саны қысқарды.

Сонымен ЖШС «Югентас Транс Сервис» компаниясы аутсорсингті енгізу арқылы басқару ресурстарының санын азайтып, кәсіпорын ресурстарын босатты және жеткізу функциясы мен тиімділігінің сапасын жақсарту арқылы басқару ресурстарын негізгі бизнеске шоғырландыруға мүмкіндік берді деп айта аламыз және аутсорсингті қолдану өз тиімділігін көрсетті. Бұған дәлел келесі факторлер болып табылады:

1 660 мың теңгені құраған экономикалық пайда.

2 Тұтынушылар базасы толық қамтылды және келісімшарт бойынша жұмыс атқарған аутсорсер компания өз қызметін жоғарғы дәрежеде көрсетті. Бұл өз кезегінде тұтынушылардан компанияға сенімділік қалыптастырады.

3 Тапсырыс орындамау бойынша жанама шығандар болмайды.

4 Кадрлер санын азайтып, тұрақты шығындарды оңтайландырылды.

5 Тапсырыс саны прогрессия бойынша өсті.

6 Сақтандыру көмегімен мүмкін болар тәуекелдіктер шығыны жойылды.

#### ҚОРЫТЫНДЫ

Аутсорсинг деңгейі активтерді басқаруға емес, күрделілікке, синхрондау мен ақпаратқа көбірек назар аударады. Көптеген компаниялар өндірістік қатынастарды басқару және активтер көлемін азайту саласында жұмыс істейтін салаларда аутсорсингтің жоғары деңгейіне қол жеткізді. Біздің заманымыздың жетекші компаниялары ERP бағдарламаларын тиімді қолдана бастайтын жағдайға жетті, қазір жеткізу тізбегін жоспарлау жүйелері жасалып жатыр және бизнестің негізгі түрлерін жоспарлау жүзеге асырылуда. Дәстүрлі 3PL санатындағы провайдерлер болып табылатын бірінші кезеңді аяқтау үшін әлеуетті аутсорсингтік серіктестердің нақты жиынтығы болса да, серіктестікке көшу және осы күрделі процестерді аутсорсинг соншалықты айқын емес. Дәл осы бағытта 3PL санатындағы көптеген провайдерлер жұмыс істейді.

Нарықта қол жеткізілген нәтижелер 3PL санатындағы провайдер 4PL функцияларын орындау үшін өз ұйымының бір бөлігін сәтті бөле алатындығын көрсетеді. Сондықтан, 3PL санатындағы провайдерлер маңызды рөл атқаруды жалғастыруда, енді 4PL бизнес моделінің пайда болуына қарамастан, олардың нарықтағы рөлі мен қызмет ауқымы болашақта арта түседі.

Жоғарыда көрсетілген бухгалтерлік және статистикалық мәліметтерге сүйене отырып, аутсорсингті көліктік компанияда қолдану тиімді екеніне көз жеткіздік. Қазақстан Республикасында бизнес жүргізудің өз ерекшелігіне байланысты

аутсорсингті қолдану барысында, қажет емес тәуекелдіктерді болдырмау үшін күрделі және нақты келісімшартқа отырылу тиіс. Бұл өз кезегінде атқарылатын қызметің сапасын жоғарлатады және сенімділік деңгейін жоғарлатады.

#### ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

- 1 <http://predp.com/fin/terms/chto-takoe-outsorsing.html>. – [Электронды ресурс].
- 2 <http://predp.com/fin/terms/chto-takoe-outsorsing.html>. – [Электронды ресурс].
- 3 **Серикова, К. И.** Аутсорсинг: понятие, сущность и классификация // XLI International scientific and practical conference: «International scientific review of the problems and prospects of modern science and education». – Boston, USA, 29–30 января 2018 г. – С. 91–93.
- 4 Грейсон Д., О’Делл К. Американский менеджмент на пороге XXI века // Пер. с англ. М. : Экономика, 1991.
- 5 **Usembayeva, L. K., Ospanov, A. Zh., Kairolla, B. K.** To the Question of Improving the Efficiency of Trucks // Наука и техника Казахстана – 2018. – № 4 – 102–108 р.
- 6 Прохоренко, А.К. Оценка эффективности применения аутсорсинга с целью повышения конкурентоспособности компаний И. Т. – сектора в международной торговле // Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 2003 жыл, 20–21 беттер.
- 7 **Фешина, М. А.** Повышение эффективности аутсорсинговых процессов // Международная научно-практическая конференция «Корпоративное управление экономической и финансовой деятельностью на железнодорожном транспорте». – Москва, 06-07 декабря 2017. – С. 171–175.
- 8 Venture Pact, Outsourcing 101: How, When and Where to Outsource. 6 марта 2015.
- 9 **Balgabekov, T. K., Kongkybayeva, A. N.** The question of efficiency of using cargo cars // Наука и техника Казахстана. – 2019. – № 2. – С. 36–43
- 10 **Демихов, В. Ю.** К вопросу о зарубежных моделях аутсорсинга логистических функции, 2010, 12–13 бет.,.
- 11 **Фефелов, Р. Е.** Зарубежный опыт использования аутсорсинга во внешнеэкономической деятельности корпораций, 2011, 5 бет.
- 12 **Михайлов, Д. М.** Аутсорсинг. Новая система организации бизнеса: Учеб. пос. – М.: КНОРУС, 2011, 130 с.
- 13 <https://exline.kz/>. – [Электронды ресурс].

Материал баспаға 16.12.19.түсті.

#### *Аскарлов Гани Аскарулы*

ст. преподаватель, кафедра «Бизнес-технологии»,  
Высшая школа экономики и бизнеса,  
Казахский национальный университет имени Аль-Фараби,  
г. Алматы, 050056, Республика Казахстан,  
e-mail: askarovg@mail.ru

***Женисов Ринат Тельманулы***

студент, 4 курс, кафедра «Бизнес-технологии»,  
Высшая школа экономики и бизнеса,  
Казахский национальный университет имени Аль-Фараби,  
Алматы, 050056, Республика Казахстан,  
e-mail: iamznsv@mail.ru

***Зиятбек Ринат Талгатулы***

студент, 4 курс, кафедра «Бизнес-технологии»,  
Высшая школа экономики и бизнеса,  
Казахский национальный университет имени Аль-Фараби,  
Алматы, 050056, Республика Казахстан,  
e-mail: rinat98z@mail.ru

Материал поступил в редакцию 16.12.19.

**Эффективность применения  
аутсорсинга транспортными компаниями**

*В этой статье описывается полное определение термина аутсорсинг, а также процессы его реализации и применения. Определена эффективность аутсорсинга в транспортных компаниях. Основные виды аутсорсинга и его эффективные и неэффективные стороны отражаются в таблице. Изучается и обосновывается работа компаний с развитым зарубежным аутсорсингом. Указываются особенности использования их аутсорсинга.*

*Рассмотрен вопрос о возможности использования данного зарубежного опыта во внутренних компаниях страны. Эффективность использования аутсорсинга определяется бухгалтерским и статистическим методом. Решается вопрос в каких компаниях необходим аутсорсинг и в каких компаниях можно работать без него. Различия и особенности аутсорсинга и инсорсинга определяются на примере конкретных факторов. Раскрывается инновационная и интеграционная значимость использования аутсорсинга. Обоснована возможность применения аутсорсинга в транспортных и логистических компаниях и её сопутствующая эффективность.*

*Ключевые слова: аутсорсинг, транспортная компания, инсорсинг, аутсорсинг в компании.*

***Askarov Gani Askaruly***

senior lecturer, Department of Business Technology,  
Higher School of Economics and Business,  
Al-Farabi Kazakh National University,  
Almaty, 050056, Republic of Kazakhstan,  
e-mail: askarovg@mail.ru

***Zhenisov Rinat Telmanuly***

student, 4<sup>th</sup> year, Department of Business Technology,  
Higher School of Economics and Business,  
Al-Farabi Kazakh National University,  
Almaty, 050056, Republic of Kazakhstan,  
e-mail: iamznsv@mail.ru

**Ziyatbek Rinat Talgatuly**

student, 4<sup>th</sup> year, Department of Business Technology,  
Higher School of Economics and Business,  
Al-Farabi Kazakh National University,  
Almaty, 050056, Republic of Kazakhstan,

**Efficiency application of outsourcing by transport companies**

*This article describes the full definition of the term outsourcing and its implementation and application processes. The effectiveness of transport companies outsourcing is determined. The main types of outsourcing and its effective and inefficient sides are reflected as a table. The work of companies with developed foreign outsourcing is studied and justified. The features of using their outsourcing are specified. The possibility of using this foreign experience in domestic companies of the country will be considered.*

*The effectiveness of outsourcing is determined by the accounting and statistical method. The question of which companies need outsourcing and in which companies you can work without it is solved. Differences and features of outsourcing and insourcing are determined by the example of specific factors. The innovative and integration significance of outsourcing is revealed. The possibility of outsourcing in transport and logistics companies and its associated effectiveness will be justified.*

*Keywords: outsourcing, transport company, insurrection, outsourcing in the company.*

## ЮБИЛЕЙНЫЕ ДАТЫ



Мурат Кулханович Бейсембаев в этом году встретил большой личный праздник – юбилей. Коллектив выражает свое искреннее уважение руководителю, который пользуется заслуженным авторитетом как высокий профессионал, наделенный и душевными качествами.

## ПРОЙДЕНЫ ЭТАПЫ БОЛЬШОГО ПУТИ

В сентябре 1991 года был принят преподавателем на кафедру «Промышленное и гражданское строительство» Павлодарского индустриального института. В 1992 году назначен заместителем декана по воспитательной работе архитектурно-строительного факультета и по совместительству старшим преподавателем кафедры «Промышленное гражданское строительство».

С 1993 года назначен деканом Экибастузского общетехнического факультета (г. Экибастуз).

В 1994 году был переведен доцентом кафедры «Промышленное и гражданское строительство». Затем в 1999 году переведен заведующим кафедрой «Промышленное и гражданское строительство».

В 2000 году назначен заместителем декана Заочного факультета. В этом же году был переведен доцентом кафедры «Промышленное и гражданское строительство». В 2001 году назначен исполняющим обязанности директора Института дистанционного обучения. В 2004 году переведен заведующим «Промышленное и гражданское строительство». В 2005 году является заведующим кафедрой «Промышленное и гражданское строительство».

В 2006 году назначен проректором по общим вопросам Павлодарского государственного педагогического университета. В 2008 году был принят доцентом кафедры: «Технология производства продуктов и защита окружающей среды». В 2009 году избран по конкурсу доцентом кафедры: «Профессиональное обучение и защита окружающей среды», где работает по настоящее время.

В 2017 году Бейсембаев Мурат Кулханович успешно окончил курсы повышения квалификации «Непрерывное профессиональное развитие в области энергетики, защиты окружающей среды, инженерной безопасности и промышленной экологии» г. Павлодар.

---

---

### ЧТО ГЛАВНОЕ В РАБОТЕ?

Сотрудники говорят о Мурате Кулхановиче как о руководителе с большой буквы, отличающемся профессионализмом и высокой компетентностью в служебных вопросах. Понятно, что руководителями не рождаются, ими становятся, поднимаясь по карьерной лестнице.

Бейсембаев Мурат Кулханович в 1977 году поступил в Павлодарский индустриальный институт специальность 4301 «Промышленное и гражданское строительство». В 1983 году закончив обучение и, получив квалификацию «Инженер – строитель». В 1985 году поступил в очную аспирантуру НИИ Железобетона им. Кучеренко (г. Москва). В 1991 году защитил кандидатскую диссертацию.

За отчетный период работы в кафедре «ПО и ЗОС» Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова показал себя только с положительной стороны. Бейсембаев М. К. изучает новую научно-техническую литературу, применяет ее в своей работе, ответственный педагог, использует ИКТ в своей педагогической деятельности.

Богатый производственный опыт позволяет ему на высоком профессиональном уровне проводить занятия, которые отличаются высокой организацией учебной деятельности студентов. Создаваемая на занятии атмосфера доброжелательности, педагогической требовательности и взаимопомощи способствует формированию позитивной мотивации студентов к прочному освоению учебного материала.

Мурат Кулханович использует в образовательном процессе активные и интерактивные формы проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой для формирования и развития общих и профессиональных компетенций обучающихся. Систематически проводит дополнительные занятия и консультации, уделяя особое внимание подготовке студентов и магистрантов к разработке и защите дипломных и магистерских проектов. Он является руководителем дипломных работ бакалавров и магистрантов.

Стаж научно-педагогической работы составляет 33 года. Им опубликовано свыше 40 публикаций, в том числе получены 15 патентов.

### В ЕЖЕДНЕВНОМ ОБЩЕНИИ С ЛЮДЬМИ

Мурат Кулханович принимает активное участие в общественной жизни кафедры, уделяет большое внимание образовательному процессу, пользуется уважением и авторитетом среди студентов и коллег, отличается доброжелательным отношением к ним.

У него нет официально обозначенного дня приема, двери его кабинета открыты всегда как для сотрудников, так и для студентов и магистрантов.

МЕРЕЙТОЙЛЫҚ КҮНДЕР



Мұстафина Раиса Мұхаметжарқызы 1949 жылы 12 қарашада Павлодар қаласында қызметші отбасында дүниеге келген.

1967 жылы № 3 орта мектепті ойдағыдай бітірген соң конкурстық іріктеу нәтижелері бойынша Павлодар индустриялық институтының (ПИИ) энергетикалық факультетіне қабылданып, 1972 жылы «Өнеркәсіптік кәсіпорындарды, қалаларды электрмен жабдықтау» мамандығы бойынша инженер-электрик біліктілігін алып бітірді.

Оқудағы, студенттік ғылыми-зерттеу жұмыстарындағы елеулі жетістіктері және институттың қоғамдық өміріне белсенді қатысқаны үшін ПИИ Электротехника кафедрасына қызметке қабылданады. 1972 жылдың тамыз айынан 1978 жылдың желтоқсан айына дейін Электротехника кафедрасының ассистенті қызметін атқарады.

1979 жылдың қаңтарынан 1980 жылдың 30 қарашасына дейін С. Орджоникидзе атындағы Мәскеу авиациялық институтының Электротехника кафедрасында ғылыми-зерттеу тағылымдамасынан өтті. 1980–1983 жылдары МАИ жанындағы мақсатты күндізгі аспирантурада оқыды, оны мамандандырылған кеңеске диссертациясын ұсынумен табысты бітірді. Мамандандырылған кеңестің қайта құрылуына байланысты 1985 жылы желтоқсанда диссертациялық жұмысын қорғайды. 1986 жылдың сәуір айынан бастап «Есептеу техникасы мен басқару жүйелерінің элементтері мен құрылғылары» ғылыми мамандығы бойынша техника ғылымдарының кандидаты; 1991 жылдан бастап Электротехника кафедрасының доценті лауазымында болады.

1991 жылдан 2003 жылдың ақпанына дейін Раиса Мұстафина ПМУ-да кафедра доценті, ЖОО-ның оқу-әдістемелік басқармасының бастығы, бірнеше жыл бойы қабылдау комиссиясының жауапты хатшысы болды. 2003 жылдың наурызынан бастап С. Торайғыров атындағы ПМУ профессоры академиялық атағы берілгеннен кейін – профессор, 1991 жылдың қыркүйегінен бастап – университеттің Ғылыми кеңесінің хатшысы қызметін атқарды.

Р. М. Мұстафина – 180-нен астам ғылыми және оқу-әдістемелік жұмыстардың авторы, оның ішінде 3 монография, 20-ға жуық оқу құралы сонымен қатар мемлекеттік және ағылшын тілдерінде, 2 өнертабысқа АК (авторлық куәлік) және 9 электрондық оқулықтарға АК; мақалалар мен рецензияланатын басылымдарды қоса алғанда, алыс (Франция, Корея Республикасы, Финляндия, Швейцария) және жақын шетелдердің ғылыми журналдарында жарияланды. Соңғы 6 жыл ішінде Томск политехникалық Ұлттық Зерттеу университетінің ғалымдарымен бірлесе жазған 2 монографиясы, 2 оқу құралы жарық көрді, 7 ғылыми мақаласы

жарияланды, соның ішінде рецензияланған журналдарда Хирша индексі 2-ге тең. Ол тек Қазақстанның ғылыми ұйымдары мен жоғары оқу орындарында ғана емес, сонымен қатар Ресей, Франция елдерінде де өз біліктілігін арттырды.

1999 жылы Жоғары білім беру және ғылыми-зерттеу жұмысы саласында қол жеткізген жетістіктері үшін Р. М. Мұстафина Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің Құрмет грамотасымен, 2004 жылдың сәуірінде – ҚР БҒМ «Қазақстан Республикасы Білім беру ісінің құрметті қызметкері» төсбелгісімен, 2008 жылы – «Астанаға 10 жыл» мерейтойлық медалімен, 2010 жылы – С. Торайғыров атындағы Алтын медалімен, 2014 жылы – ҚР БҒМ «Ы. Алтынсарин» төс белгісімен марапатталды. 2010 жылдың ақпан айында ол ҚР БҒМ «2009 жылғы ЖОО үздік оқытушысы» грантын жеңіп алды.

Ғалым және оқытушы Р. М. Мұстафинаның кәсібилігі, білімі мен біліктілігінің құзыреттілігі жоғары бағаланып, Павлодар облысы әкімінің Алғыс хатымен (2009 ж.), Облыстық мәслихаттың (2009 ж.), Павлодар қалалық мәслихатының (2009 ж., 2010 ж.) және облыстық кәсіподақ ұйымдарының комитетінің (2009 ж., 2016 ж.) Құрмет грамоталарымен марапатталды. ПМУ ректорының бұйрығымен оған өзінің кәсіби міндеттеріне шығармашылық көзқарасы, өзіне және студенттерге талап қоя білуі, өзін-өзі жетілдіруі, біліктілігін арттыру бойынша тұрақты жұмысы үшін бірнеше рет алғыс жарияланды. Р. М. Мұстафина ПМУ ректорының грамоталарымен марапатталды.

## ЮБИЛЕЙНЫЕ ДАТЫ



Мустафина Раиса Мухамеджаровна родилась 12 ноября 1949 года в г. Павлодаре в семье служащего. После успешного окончания в 1967 году средней школы № 3 г. Павлодара по результатам конкурсного отбора была зачислена на Энергетический факультет Павлодарского индустриального института (ПИИ), который окончила в 1972 году по специальности «Электроснабжение промышленных предприятий, городов» с присвоением квалификации инженера-электрика.

За значительные достижения в учебе, студенческой научно-исследовательской работе и активное участие в общественной жизни института была распределена на кафедру «Электротехники» ПИИ. С августа 1972 года по декабрь 1978 года работала в должности ассистента кафедры «Электротехники».

С января 1979 года по 30 ноября 1980 года проходила научно-исследовательскую стажировку на кафедре электротехники Московского авиационного института им. С. Орджоникидзе. В 1980–1983 гг. обучалась в целевой очной аспирантуре при МАИ, которую успешно окончила с представлением диссертации в специализированный совет. Диссертацию защитила в декабре 1985 года в связи с реорганизацией специализированного совета. С апреля 1986 года – кандидат технических наук по научной специальности «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления»; с 1991 года – доцент по кафедре «Электротехники».

С 1991 года по февраль 2003 года Р. Мустафина работала в ПГУ в должностях доцента кафедры, начальника Учебно-методического управления вуза; была ответственным секретарем Приемной комиссии в течение нескольких лет; с марта 2003 года после присвоения академического звания профессора ПГУ им. С.Торайгырова – в должности профессора, с сентября 1991 года – секретарь Ученого совета университета.

Р. М. Мустафина – автор более 180 научных и учебно-методических работ, в том числе 3 монографий, около 20 учебных пособий, в том числе на государственном и английском языках, 2 авторских свидетельств на изобретения и 9 АС на электронные учебники; статьи опубликованы в научных журналах дальнего (Франция, Республика Корея, Финляндия, Швейцария) и ближнего зарубежья, включая рецензируемые издания. В течение последних 6 лет совместно с учеными Национального исследовательского Томского политехнического университета изданы 2 монографии, 2 учебных пособия, опубликованы 7 научных статей, в том числе в рецензируемых журналах, индекс Хирша равен 2.

---

---

Повышение квалификации она проходила не только в научных организациях и вузах Казахстана, но и России, Франции.

За достигнутые успехи в сфере высшего образования и научно-исследовательской работе в 1999 году Р. М. Мустафина награждена Почетной грамотой Министерства образования и науки Республики Казахстан, в апреле 2004 года – нагрудным знаком МОН РК «Почетный работник образования Республики Казахстан», в 2008 году – юбилейной медалью «10 лет Астаны»; в 2010 году – Золотой медалью С. Торайгырова, в 2014 году – нагрудным знаком МОН РК «Б. Алтынсарина», Золотая медаль «125-летие С. Торайгырова» (2018 г.) По итогам конкурса в феврале 2010 года она выиграла грант МОН РК «Лучший преподаватель вуза 2009 года».

Профессионализм, высокая компетентность ученого и преподавателя Мустафиной Р. М. отмечена Благодарственным письмом Акима Павлодарской области (2009 г.), Почетными грамотами областного маслихата (2009 г.), Павлодарского городского маслихата (2009 г., 2010 г.) и областного комитета профсоюзных организаций (2009 г., 2016 г.). Приказом ректора ПГУ ей неоднократно объявлялась благодарность за творческое отношение к своим профессиональным обязанностям, требовательность к себе и студентам, самосовершенствование, постоянную работу над повышением квалификации. Р. М. Мустафина награждена почетными грамотами ректора ПГУ.

**ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ  
НАУЧНОГО ЖУРНАЛА ПГУ ИМЕНИ С. ТОРАЙГЫРОВА  
«НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА»**

**Журнал «Наука и техника Казахстана»** издается Павлодарским государственным университетом имени С.Торайгырова с 2001 года и выходит 4 раза в год в конце каждого квартала.

В публикациях журнала рассматриваются результаты фундаментальных и прикладных исследований в области естественных и технических наук.

Научные статьи, представляемые в редакцию журнала, должны быть оформлены согласно базовым издательским стандартам по оформлению статей в соответствии с ГОСТ 7.5-98 «Журналы, сборники, информационные издания. Издательское оформление публикуемых материалов», пристатейных библиографических списков в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления».

Представленные для опубликования материалы должны соответствовать следующим требованиям:

– отражать современный уровень знаний по данной теме, квалифицированно излагать научно-технические вопросы, обладать сжатым и хорошим литературным изложением, иметь четко выполненные иллюстрации;

– текст должен быть набран в текстовом редакторе Microsoft Word (97, 2003, 2007, 2010) на одной стороне листа с полями 30 мм со всех сторон, шрифт Times New Roman, кегль – 12 пунктов, межстрочный интервал – полуторный, выравнивание по ширине, абзацный отступ – 10 мм;

– общий объем статьи, включая аннотации, литературу, таблицы, рисунки и математические формулы, должен быть не менее 5 и не более 12 страниц печатного текста (более 12 страниц по согласованию с редколлегией).

Все статьи строятся следующим образом:

1 **ГРНТИ** (Государственный рубрикатор научной технической информации) (прописными буквами, нежирным прямым шрифтом);

2 **Фамилия, имя, отчество** автора(-ов) (строчными буквами, курсивом, жирным шрифтом);

3 **Ученая степень, ученое звание** (строчными буквами, нежирным прямым шрифтом);

4 **Аффилиация** (Факультет или иное структурное подразделение, организация (место работы (учебы)), город, область, страна, почтовый индекс) (строчными буквами, нежирным прямым шрифтом);

5 **E-mail** автора(-ов) (строчными буквами, нежирным прямым шрифтом);

6 **Название статьи** должно отражать содержание статьи, тематику и результаты проведенного научного исследования. В название статьи необходимо вложить информативность, привлекательность и уникальность (не более 12 слов, прописными буквами, курсивом, жирным шрифтом, выравнивание по левому краю, на трех языках: казахский, русский, английский);

7 **Аннотация** – краткая характеристика назначения, новизны, содержания, вида, формы и других особенностей статьи. Должна быть информативной (не содержать общих слов типа «Настоящая статья», «В этой статье», а сразу писать: «Изложены, приведены, рассмотрены, даны методы решения ...» ), оригинальной, содержательной (отражать основное содержание статьи и результаты исследований), структурированной (следовать логике описания результатов в статье) (рекомендуемый объем аннотации – не менее 100 слов, строчными буквами, курсивом, нежирным шрифтом, кегль 10 пунктов, абзацный отступ слева и справа – 10 мм);

8 **Ключевые слова** – набор слов, отражающих содержание текста в терминах объекта, научной отрасли и методов исследования. Ключевые слова должны обеспечить наиболее полное раскрытие содержания статьи. Статья должна содержать не менее 6-8 ключевых слов в порядке их значимости, количество слов внутри ключевой фразы – не более 3 (оформляются на языке публикуемого материала, строчными буквами, курсивом, нежирным шрифтом, кегль 10 пунктов, абзацный отступ слева и справа – 10 мм);

9 **Основной текст статьи** излагается в определенной последовательности его частей, включает в себя:

- слово ВВЕДЕНИЕ / КІРІСПЕ / INTRODUCTION (прописными буквами, нежирным шрифтом, выравнивание по центру).

Необходимо отразить результаты предшествующих работ ученых, что им удалось, что требует дальнейшего изучения, какие есть альтернативы (если нет предшествующих работ – указать приоритеты или смежные исследования). Освещение библиографии позволит отгородиться от признаков заимствования и присвоения чужих трудов. Любое научное изыскание опирается на предыдущие (смежные) открытия ученых, поэтому обязательно ссылаться на источники, из которых берется информация. Также можно описать методы исследования, процедуры, оборудование, параметры измерения, и т.д. (1-2 страницы);

- слова ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ / НЕГІЗГІ БӨЛІМ / MAIN PART (прописными буквами, нежирным шрифтом, выравнивание по центру).

Это отражение процесса исследования или последовательность рассуждений, в результате которых получены теоретические выводы. В научно-практической статье описываются стадии и этапы экспериментов или опытов, промежуточные результаты и обоснование общего вывода в виде математического, физического или статистического объяснения. При необходимости можно изложить данные об опытах с отрицательным результатом. Затраченные усилия исключают проведение аналогичных испытаний в дальнейшем и сокращают путь для следующих ученых. Следует описать все виды и количество отрицательных результатов, условия их получения и методы его устранения при необходимости. Проводимые исследования предоставляются в наглядной форме, не только экспериментальные, но и теоретические. Это могут быть таблицы, схемы, графические модели, графики, диаграммы и т.п. (не более 10 страниц).

- слово ВЫВОДЫ / ҚОРЫТЫНДЫ / CONCLUSION (прописными буквами, нежирным шрифтом, выравнивание по центру).

Собираются тезисы основных достижений проведенного исследования. Они могут быть представлены как в письменной форме, так и в виде таблиц, графиков, чисел и статистических показателей, характеризующих основные выявленные закономерности. Выводы должны быть представлены без интерпретации авторами, что дает другим ученым возможность оценить качество самих данных, и позволит дать свою интерпретацию результатов (не более 1 страницы).

**10 Список использованных источников** включает в себя:

- слова СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ / ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ / REFERENCES (прописными буквами, нежирным шрифтом, выравнивание по центру).

Список цитируемой литературы включает в себя источники, содержащие материалы, которые автор использовал при написании статьи.

Список литературных источников должен отражать состояние научных исследований в разных странах в рассматриваемой проблемной области.

Ссылки должны быть доступны научной общественности, поэтому приветствуется наличие DOI публикаций.

Количество литературных ссылок в статье должно быть не менее 10-20 наименований, из них не менее 50% – источники из международных баз цитирования (Clarivate analytics, Scopus, Springer, Thomson Reuters, РИНЦ и другие), доступные на сайте ПГУ ([www.library.psu.kz](http://www.library.psu.kz)).

Ссылки в тексте даются в квадратных скобках, например, [1] или [2-5]. Нумерация источников должна соответствовать очередности ссылок на них в тексте.

Ссылки на авторефераты диссертаций, диссертации на соискание ученой степени допускаются при наличии их доступных электронных версий.

Ссылки на учебники, учебные пособия, монографии должны иметь подчиненное значение и составлять не более 10-15%, поскольку малодоступны широкой научной общественности.

Ссылки на неопубликованные работы недопустимы.

Самоцитирование не должно превышать 15-20%.

Если работа была издана на нескольких языках, то лучше предоставлять ссылку на английский вариант.

**11 Иллюстрации, перечень рисунков** и подрисуночные надписи к ним представляют по тексту статьи после соответствующих ссылок на них. В электронной версии рисунки и иллюстрации представляются в формате TIF или JPG с разрешением не менее 300 dpi.

12 **Математические формулы** должны быть набраны в Microsoft Equation Editor (каждая формула – один объект). Буквы греческого алфавита набираются прямым шрифтом; буквы русского/казахского алфавита в формулах (в том числе в индексах) – прямым, латинского – курсивом.

**На отдельной странице (после статьи)**

В бумажном и электронном вариантах приводятся фамилия, имя, отчество автора (-ов), ученая степень и звание, место работы (учебы) и должность, название статьи, аннотация и ключевые слова на 3-х языках (казахском, русском, английском).

Также необходимо представить полные почтовые адреса, номера служебного и домашнего телефонов, факс, e-mail (для связи редакции с авторами, не публикуются);

**Информация для авторов**

**Все статьи** должны сопровождаться двумя рецензиями независимых ученых по тематике статьи.

**Одному автору разрешается не более 2 (двух) публикаций в одном номере журнала.**

**Количество авторов одной статьи не должно превышать 4-х человек.**

**Статьи на иностранном языке принимаются бесплатно.**

Статьи публикуются по мере поступления.

**Редакция не занимается литературной и стилистической обработкой статьи.**

При необходимости статья возвращается автору на доработку. За содержание статьи несет ответственность Автор.

**Статьи, оформленные с нарушением требований, к публикации не принимаются и не возвращаются авторам.**

Датой поступления статьи считается дата получения редакцией ее окончательного варианта.

**Периодичность издания журналов – четыре раза в год (ежеквартально).**

Статью (бумажная, электронная версии, оригиналы рецензии и квитанции об оплате) следует направлять по адресу:

**140008, Казахстан, г. Павлодар, ул. Ломова, 64,**

**Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, Издательство «Кереку», каб. 137.**

Тел. 8 (7182) 67-36-69, (внутр. 1147).

**E-mail: [nitk@psu.kz](mailto:nitk@psu.kz)**

**[www.vestnik.psu.kz](http://www.vestnik.psu.kz)**

Стоимость публикации одной статьи для сторонних лиц составляет **5000 (пять тысяч) тенге** и предусматривает предоставление только 1-го экземпляра журнала. Оплата за дополнительный экземпляр журнала составляет **2000 (две тысячи) тенге.**

Стоимость публикации одной статьи для ППС, сотрудников и обучающихся ПГУ им. С.Торайгырова составляет **3000 (три тысячи) тенге.**

Для иностранных авторов оплата эквивалентно курсу Национального банка Республики Казахстан на момент сдачи статьи.

**Наши реквизиты:**

РГП на ПХВ Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова РНН 451800030073 БИН 990140004654	РГП на ПХВ Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова РНН 451800030073 БИН 990140004654
АО «Цеснабанк» ИИК KZ57998FTB0000003310 БИК TSESKZKA КБЕ 16 Код 16 КНП 861	АО «Народный Банк Казахстана» ИИК KZ156010241000003308 БИК HSBKZZKX КБЕ 16 Код 16 КНП 861

**ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ**

ГРНТИ 73.01.77; 73.39.31; 50.05.09

**Рындин Владимир Витальевич**

к.т.н, профессор, кафедра «Механика и нефтегазовое дело», Павлодарский государственный университет имени С.Торайгырова, г. Павлодар, Республика Казахстан, 140008, rvladvit@yandex.kz.

**Сиюнич Руслан Нуртаевич**

оператор по учёту сырья и готовой продукции, ТОО «УПНК-ПВ», г. Павлодар, Республика Казахстан, 140000, 2upnk1@mail.ru.

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАСЧЁТ МАГИСТРАЛЬНОГО НЕФТЕПРОВОДА В СИСТЕМЕ MATHCAD**

*Приведена программа расчёта магистрального нефтепровода в системе Mathcad, позволяющая автоматически строить QH-характеристики трубопроводов и перекачивающих станций, определять положение станций и рабочую точку системы, проводить исследование режимов ...*

*Продолжение аннотации*

*Ключевые слова: нефтепровод, расчёт, система Mathcad, профиль трассы, расстановка станций, рабочая точка системы.*

**ВВЕДЕНИЕ**

При решении многих математических задач широко используется программирование в средах ...

Продолжение текста

**ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Mathcad – интегрированная математическая система, позволяющая наглядно вводить исходные данные, проводить математическое описание решения задачи в традиционном виде и получать результаты вычислений, как в аналитическом, так и в численном виде. Ниже приводится программа ...

Продолжение текста публикуемого материала

**ВЫВОДЫ**

Разработана программа расчёта магистрального нефтепровода в системе Mathcad, записываемая в традиционных математических символах, что ...

Продолжение текста

Пример оформления таблиц и рисунков:

Таблица 1 – Химический состав исходной хромовой руды, масс. %

Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	MgO	CaO
40	21	16	5	16	2

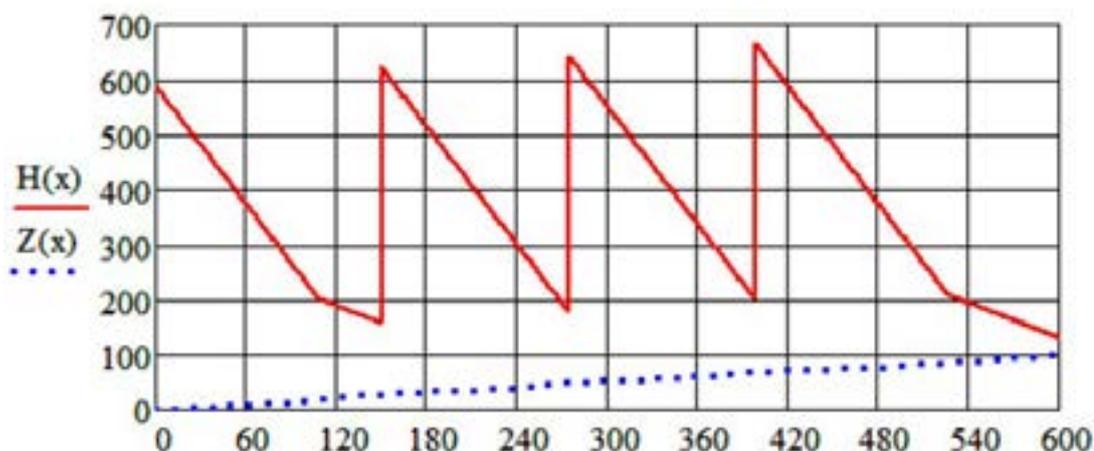


Рисунок 1 – Расстановка четырёх НПС на МН с двумя лупингами

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Макаров, Е. Г.** Инженерные расчёты в Mathcad 15. – Спб. : Питер, 2011. – 400 с. : ил.

2 **Макушев, Ю. П.** Интегральное и дифференциальное исчисления в приложении к технике : монография / Ю. П. Макушев, Т. А. Полякова, В. В. Рындин, Т. Т. Токтаганов. – Павлодар : Кереку, 2013. – 330 с. : ил.

3 Транспорт и хранение нефти и газа в примерах и задачах : учеб, пособие / Под общей редакцией Ю. Д. Земенкова. – СПб. : Недра, 2004. – 544 с. : ил.

4 **Долгов, И. А.** Тенденции развития конструкции моторно-трансмиссионных установок и сельскохозяйственных тракторов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2006. – № 6. – С. 3-8.

5 **Ким, К. К., Шпилев, М. А.** Комплекс для выгрузки угля из полувагонов. / Статьи: информационный портал [Электронный ресурс]. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22706030>.

6 **Бекенов, Т. Н.** Основы расчета опорно-цепных параметров самоходных колесных машин при обеспечении их проходимости: дисс. докт. техн. наук. – Алматы, 1998. – 308 с.

#### ***Рындин Владимир Витальевич***

т.ғ.к, профессор, «Механика және мұнайгаз ісі» кафедрасы, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., Қазақстан Республикасы 140008, [r Vladvit@yandex.kz](mailto:r Vladvit@yandex.kz).

#### ***Сиюнич Руслан Нуртаевич***

дайын өнім мен шикізатты есептеу операторы, «УПНК-ПВ» ЖШС, Павлодар қ., Қазақстан Республикасы, 140000, [2upnk1@mail.ru](mailto:2upnk1@mail.ru).

**Mathcad жүйесінде магистральдық мұнай құбырын зерттеу және есептеу**

*Mathcad жүйесінде магистральдық мұнай құбыры бағдарламасының есептеуі келтіріліп, құбырлар мен қайта айдау станцияларының QH-сипаттамаларын автоматты түрде құруды, станцияның ережесі мен жұмыс нүктесін анықтауға, мұнай құбыры жұмысының режимдерін зерттеуге ...*

*Түйіндеменің жалғасы*

*Кілтті сөздер: мұнай құбыры, есеп, Mathcad жүйесі, трассаның профілі, станциялардың орналасуы, жүйенің жұмыс нүктесі.*

***Ryndin Vladimir Vladimirovich***

Cand.Sci.(Eng.), professor, Department of «Mechanics and Oil and Gas Business», S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, Republic of Kazakhstan, 140008, rvladvit@yandex.kz.

***Siunits Ruslan Nurtaevich***

operator of accounting of raw materials and finished products, LLP «UPNK-PV», Pavlodar, Republic of Kazakhstan, 140000, 2upnk1@mail.ru.

**Research and calculation of the main oil pipeline in Mathcad**

*Presents a program for calculating the main pipeline in the system Mathcad, allowing you to automatically build a QH-characteristics of the pipelines and pumping stations to determine the position of stations and the operating point of the system, conduct a study of the modes ...*

*Continue annotation*

*Keywords: the pipeline, calculation, the system Mathcad, road alignments, alignment stations, the operating point of the system.*

**ПУБЛИКАЦИОННАЯ ЭТИКА  
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ ПГУ ИМЕНИ С. ТОРАГЫРОВА  
(«ВЕСТНИК ПГУ», «НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА»,  
«КРАЕВЕДЕНИЕ»)**

Редакционная коллегия журналов «Вестник ПГУ», «Наука и техника Казахстана» в своей работе придерживается международных стандартов по этике научных публикаций и учитывает информационные сайты авторитетных международных журналов.

Редакционная коллегия журнала, а также лица, участвующие в издательском процессе в целях обеспечения высокого качества научных публикаций, во избежание недобросовестной практики в публикационной деятельности (использование недостоверных сведений, изготовление данных, плагиат и др.), обеспечения общественного признания научных достижений обязаны соблюдать этические нормы и стандарты, принятые международным сообществом и предпринимать все разумные меры для предотвращения таких нарушений.

Редакционная коллегия ни в коем случае не поощряет неправомерное поведение (плагиат, манипуляция, фальсификация) и приложить все силы для предотвращения наступления подобных случаев. В случае, если редакционной коллегии станет известно о любых неправомерных действиях в отношении опубликованной статьи в журнале или в случае отрицательного результата экспертизы редколлегии статья отклоняется от публикации.

Теруге 16.12.19. ж. жіберілді. Басуға 23.12.19. ж. қол қойылды.  
Форматы 297\*420/2. Кітап-журнал қағазы.  
Шартты баспа табағы 7,6. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.  
Компьютерде беттеген Д. А. Жумабекова  
Корректорлар: А. Р. Омарова, Д. А. Жумабекова

Тапсырыс № 3581

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған  
С. Торайғыров атындағы  
Павлодар мемлекеттік университеті  
140008, Павлодар қ., Ломов көш., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы  
С. Торайғыров атындағы  
Павлодар мемлекеттік университеті  
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.  
67-36-69  
e-mail: kereku@psu.kz  
www.vestnik.psu.kz