

## МАЗМҰНЫ

<b>Нажекенова А. Ж., Искаков Қ. М.</b> Металлургиялық қалдықтарды пайдалана отырып композициялық тұтқырлардың қосындысынан жасалатын модификацияланған бетон .....	6
<b>Құрманов А. Қ., Абденбаева А. Б.</b> Қазақстанда құбырлы бетон құрылымдарын қолдану арқылы құрылыстың даму болашағы.....	15
<b>Ордабаев Е. Қ., Ахметов С. И., Есаулкин В. С.</b> Пайдаланылған газдардың рециркуляциясы әдісінің мүмкіндіктерін кеңейту туралы поршенді іштен жану қозғалтқыш.....	22
<b>Дюсенбаев Д. К., Несмеянова Р. М.</b> Полиоктен негізінде алынған турбуленттілікке қарсы қоспа қолдану.....	27
<b>Шеров К. Т., Бузауова Т. М., Таттимбек Г., Альжанова А. Г.</b> Тісті дөңгелектерді дайындау сапасын қамтамасыз ету мәселелері .....	33
<b>Сарсенбай А. С., Станевич В. Т., Кудрышова Б. Ч., Капустин А. П.</b> Комплекстік қоспалар арқылы арболитті композициялардың тиімділігін арттыру.....	44

Абишев К. К., к.т.н., ассоц. профессор (главный редактор)  
Мусина Ж. К., к.т.н., ассоц. профессор (ответственный секретарь)

### Члены редакционной коллегии:

Abel Chaves, PhD, assistant professor (USA);  
Igor M. Tkachenko, Dr.Sc., professor (Spain);  
Mareks Mezitis, Dr.Sc.Ing., professor (Latvia);  
Petr Bouchner, PhD, professor (Czech Republic);  
Ronny Bernadtsso, professor (Sweden);  
Аликулов Д. Е., д.т.н., профессор (Узбекистан);  
Барзов А. А., д.т.н., профессор (Россия);  
Бекенов Т. Н., д.т.н., профессор (Казахстан);  
Бочкарёв П. Ю., д.т.н., профессор (Россия);  
Витвицкий Е. Е., д.т.н., профессор (Россия);  
Гумаров Г. С., д.т.н., профессор (Казахстан);  
Иванчина Э. Д., д.т.н., профессор (Россия);  
Калиакпаров А. Г., д.т.н., профессор (Казахстан);  
Каракаев А. К., д.т.н., профессор (Казахстан);  
Коновалов В. В., д.т.н., профессор (Россия);  
Кудерин М. К., д.т.н., профессор (Казахстан);  
Мендебаев Т. М., д.т.н., профессор (Казахстан);  
Муслимов А. П., д.т.н., профессор (Кыргызстан);  
Никитин Г. М., д.т.н., профессор (Казахстан);  
Нуржауов А. Н., д.т.н., профессор (Казахстан);  
Танкович В. С., к.т.н., профессор, (Беларусь)  
Украинец В. Н., д.т.н., профессор (Казахстан);  
Чайкин В. Н., д.т.н., профессор (Россия);  
Шапко В. Ф., к.т.н., профессор (Украина);  
Шеров К. Т., д.т.н., профессор (Казахстан);  
Янюшкин А. С., д.т.н., профессор (Россия);  
Шокубаева З. Ж. (технический редактор).

**Жукенова Г. А., Кенжебек Н. К.,  
Баймагамбетов Р. К., Байжанов Д. С.**  
Іргетас үлгілерінің топырақ негізімен өзара әрекет  
етудің екі-өлшемді моделдеу ..... 51

**Құрманов А. Қ., Аипов А. М.**  
Өнеркәсіптік қалдықтарды пайдалана отырып  
ұялы бетондарды қолдану арқылы құрылғының  
құрылысын перспективті дамыту..... 62

**Асқаров Е. С.**  
Биіктігі 10 кВт қуаты бар желден энергетикалық  
қондырғы әйелдің білігі..... 69

**Гаврилов П., Зарипов Р. Ю.,  
Карку А. Д., Серикпаев Т. М.**  
Дизельдің пайдаланылған газдарының  
уыттылығын төмендету әдістері ..... 75

**Петлина Е. В., Саканов К. Т.**  
Құрамында көміртекті талшықты композитті  
материалдарды құрылыста қолдану.....86

**Кудерин М. К., Бабиев К. Д.**  
Фимараттар мен құрылыстардың энергия  
үнемдеу және энергия тиімділігін арттыру  
мақсатындағы алюмосиликатты микросфера..... 94

Флагман железнодорожного машиностроения ..... 102

Авторларға арналған ережелер..... 109

# НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ ПАВЛОДАРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ С. ТОРАЙГЫРОВА

Импакт-фактор  
РИНЦ – 0,011

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

ВЕРСТКА:  
Д. А. Жумабекова

© ПГУ им. С. Торайгырова

## СОДЕРЖАНИЕ

**Нажекенова А. Ж., Искаков К. М.**  
Модифицированный бетон  
на композиционном вяжущем  
с использованием металлургических отходов ..... 6

**Құрманов А. Қ., Абденбаева А. Б.**  
Перспектива развития строительства  
с применением трубобетонных  
конструкций в Казахстане ..... 15

**Ордабаев Е. К., Ахметов С. И., Есаулков В. С.**  
О расширении возможностей метода  
рециркуляции отработавших газов  
в поршневом двигателе  
внутреннего сгорания.....22

**Дюсенбаев Д. К., Несмеянова Р. М.**  
Применение противотурбулентных  
присадок на основе полиоктена..... 27

**Шеров К. Т., Бузауова Т. М.,  
Таттимбек Г., Альжанова А. Г.**  
Проблемы обеспечения качества  
изготовления зубчатых колес.....33

**Сарсенбай А. С., Станевич В. Т.,  
Кудрышова Б. Ч., Капустин А. П.**  
Повышение эффективности арболитовых  
композиций комплексными добавками..... 44

**Жукенова Г. А., Кенжебек Н. К.,  
Баймагамбетов Р. К., Байжанов Д. С.**  
Двухмерное моделирование взаимодействия  
моделей фундаментов  
с грунтовым основанием..... 51

**Құрманов А. Қ., Аипов А. М.**  
Перспектива развития строительства с применением  
ячеистого бетона с использованием  
отходов промышленности..... 62

**Асқаров Е. С.**  
Ветровая энергетическая установка с неподвижной  
осью мощностью более 10 квт..... 69

**Гаврилов П., Зарипов Р. Ю.,  
Карку А. Д., Серикпаев Т. М.**  
Методы снижения токсичности  
отработавших газов дизеля..... 75

**Петлина Е. В., Саканов К. Т.**  
Использование композитных  
материалов на основе углеродного  
волокна в строительстве..... 86

**Кудерин М. К., Бабиев К. Д.**

Алюмосиликатная микросфера в решении задач энергосбережения и повышения энергоэффективности зданий и сооружений.....	94
Флагман железнодорожного машиностроения .....	102
Авторларға арналған ережелер.....	109

**CONTENTS**

<b>Nazhekenova A. Z., Iskakov K. M.</b> Modified concrete on composite binder using metallurgy waste .....	6
<b>Kurmanov A. K., Abdenbayeva A. B.</b> The perspective of building development with using the tube-concrete constructions in Kazakhstan .....	15
<b>Ordabayev E. K., Akhmetov S. I., Yessaulkov V. S.</b> On the expanding of possibilities of recycling methods in piston internal combustion engines.....	22
<b>Dyussenbayev D. K., Nesmiyanova R. M.</b> The use of antiturbulent additives based on polyoctene.....	27
<b>Sherov K. T., Buzauova T. M., Tattimbek G., Alzhanova A. G.</b> Problems of ensuring the quality of manufacturing the gear wheels.....	33
<b>Sarsenbay A. S., Stanevich V. T., Kudryshova B. Ch., Kapustin A. P.</b> Improving the efficiency of wood concrete compositions of complex additives.....	44
<b>Zhukenova G. A., Kenzhebek N. K., Baymagambetov R. K., Bayzhanov D. S.</b> Two-dimensional modeling of the interaction of foundation models with a soil base .....	51
<b>Kurmanov A. K., Aipov A. M.</b> Perspective of construction development with the application of cellular concrete with using of industrial waste.....	62
<b>Askarov E. S.</b> The wind power station with the motionless axis with power more than 10 kW.....	69
<b>Gavrilov P., Zaripov R. Y., Karku A. D., Serikpaev T. M.</b> Methods to reduce the toxicity of exhaust gases of a diesel engine .....	75
<b>Petlina Y. V., Sakanov K. T.</b> Use of composite materials based on carbon fiber in the construction.....	86
<b>Kuderin M. K., Babiyev K. D.</b> Aluminosilicate microspheres in solving the tasks of energy saving and enhancing the energy efficiency of buildings and structures.....	94
Флагман железнодорожного машиностроения .....	102
Авторларға арналған ережелер.....	109

**Нажекенова Алия Жастлековна**

магистрант, Архитектурно-строительный факультет,  
Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,  
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан.

**Искаков Кайрат Муратович**

к.т.н., ассоц. профессор (доцент),  
кафедра «Транспортная техника и логистика»,  
Факультет металлургии, машиностроения и транспорта,  
Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,  
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан,  
e-mail: iska\_k75@mail.ru.

**МОДИФИЦИРОВАННЫЙ БЕТОН НА КОМПОЗИЦИОННОМ ВЯЖУЩЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ОТХОДОВ**

*Использование металлургических шлаков особенно актуально в условиях увеличения темпов строительства. Использование этих заполнителей не требует новых месторождений и позволяет утилизировать скопившиеся отходы и освободить занимаемые ими территории. Золошлаковые смеси применяются в качестве мелкого заполнителя в тяжелых бетонах на природных заполнителях и в легких бетонах на керамзитовом гравии.*

*В качестве крупного заполнителя используется шлаковый щебень завода ферросплавов. При медленном охлаждении они кристаллизуются, однако частично в них сохраняется активное вещество со стекловидной структурой. Поскольку шлаковый щебень реализуется металлургическими предприятиями в основном в виде фракций 40–120 мм, которые не пригодны для изготовления тонкостенных конструкций, на предприятиях строительной индустрии возникает необходимость их дробления до крупности 5–40 мм и фракционирования.*

*На основе гранулированного доменного шлака получают бетоны классов до В40 с высокими показателями долговечности, а также бетоны для сборного и монолитного строительства. Доказано, что в качестве мелкого заполнителя можно использовать золы и шлаки металлургических заводов, бетон удовлетворяет требованиям, предъявляемым к несущим ограждающим конструкциям, эксплуатируемых в условиях нашего региона и климата. Исследованиями установлено, что золошлаковые смеси могут быть использованы в качестве мелкого заполнителя для обычных тяжелых бетонов. Такие бетоны обладают достаточной прочностью, морозостойкостью и водонепроницаемостью.*

*Ключевые слова: шлак, бетон, щебень, металлургические отходы, наполнители.*

**ВВЕДЕНИЕ**

Разработан проект стратегического развития строительной индустрии до 2020 года, в котором поставили цель существенного увеличения производства цемента в два и более раза. В связи с этим, повышается потребление условного топлива на обжиг портландцементного клинкера, что повлечет за собой увеличение количества выбросов пыли и газообразных компонентов в атмосферу и окружающую среду.

Поэтому для решения проблем, связанных и с экономией невозпроизводимых природных ресурсов, необходимо переходить на современные подходы получения

бетонов нового поколения, то есть на производство модифицированных бетонов с использованием композиционных вяжущих. Сущность такого подхода заключается в частичной замене клинкера, самой дорогой цементной составляющей, металлургическими отходами, обладающими значительной химической активностью и запасом внутренней энергии.

В связи с этим, разработка новых эффективных составов вяжущего с использованием металлургическими отходами для производства модифицированного бетона, используемого в монолитном и сборно-монолитном строительстве, является актуальной задачей современного строительного материаловедения.

**ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Темпы развития цементной индустрии в мировом масштабе, можно сделать вывод, что в производство интенсивно внедряются гидравлические вяжущие вещества на основе портландцементного клинкера с применением активных минеральных добавок, которые в дальнейшем используются для производства современных высокопрочных бетонов на их основе. В странах Европы выпускают композиционные клинкерные вяжущие, содержащие до 35 % активных минеральных добавок, до 20 % известняка, до 80 % комплексных добавок, включающих доменный шлак, каменноугольную золу-унос и др. [1, 2].

Распространение композиционных вяжущих с повышенным содержанием процента минеральных добавок обусловлено, в первую очередь, необходимостью энергосбережения при производстве дорогого портландцемента. По статистическим данным известно, что на получение портландцементного клинкера в среднем необходимо израсходовать 223 кг условного топлива, в то время как на сушку минеральных добавок лишь около 20 кг/т [3]. Во вторую очередь, увеличение содержания минеральных добавок открывает возможность более полной реализации использования их гидравлической реакционной активности, наблюдается положительное влияние их на формирование структуры цементного камня и бетонов, улучшение физико-механических и строительно-технических свойств.

Подтверждением развития новых технологий являются композиты с применением вяжущих низкой водопотребности (ВНВ). Рецепт изготовления ВНВ основана на совместном помолу компонентов: клинкера или готового портландцемента и сухой модифицирующей добавки, а также при необходимости активной минеральной добавки (пуццолана, золы-уноса, доменного гранулированного шлака и т.п.), и гипса. Механохимическая активация позволяет синергетически усилить лучшие качества ингредиентов композиционного вяжущего: прочностные характеристики цемента возрастает на 2–3 марки, а пластифицирующий эффект увеличивается примерно в два раза.

Преимуществом использования композитов на ВНВ является уменьшение температуры изотермической выдержки или возможен отказ от тепловлажностного воздействия. Например, тепловая обработка объемных блоков, для объемно-

блочного домостроения, из бетона с применением ВНВ осуществлялась в тепловых установках при температуре прогрева 35–50 °С, что свидетельствует о снижении температуры прогрева в два раза, а это экономия условного топлива. При этом в возрасте 3 суток бетон приобретал проектную прочность, а на 28 сутки фактический показатель прочности превышал проектную на 50–70 % и даже более [4, 5].

Установлено, что в продуктах дробления на щековых дробилках образуется до 50–55 % частиц лещадной и игловидной формы. Наилучшее качество щебня (кубовидная форма, содержание лещадных частиц до 20–25 %, наименьшая водопотребность) достигается при использовании машин ударно-истирающего действия- молотковых и роторных дробилок или стержневых мельниц.

Максимальная плотная упаковка крупного заполнителя обеспечивается при содержании в нем фракций 5–10 мм – 30 % и 10–20 мм – 70 % (лабораторные исследования осуществлялись на заполнителях с максимальной хрупкостью 20 мм). При таком соотношении фракций кривая гранулометрического состава шлакового щебня вписывается в область рационального состава для тяжелого бетона [6–9].

В процессе дробления отвального и коржевого шлака образуется до 30 % отсева от продуктов дробления, который исходя из технико-экономических предпосылок рационально использовать в качестве мелкого заполнителя. Однако для этого материала характерен избыток крупных фракций и относительный недостаток активных частиц менее 0,14 мм, а общий выход отсева покрывает потребности в мелком заполнителе. Исследованиями установлена возможность применения получаемого отсева, обогащения и восполнения его недостатка местным природным песком, гранулированным шлаком либо быстро охлажденной (стекловидной) золошлаковой смесью тепловых электростанций.

В ходе опытов установлено, что максимальная прочность конструктивных шлаковых бетонов с различными видами оптимизированного мелкого заполнителя достигается при содержании в нем обогащающей добавки от 40 до 60 %. В зоне оптимума зерновой состав смеси мелкого заполнителя характеризуется содержанием в нем фракций менее 0,14 мм – 6–9 %; 0,14–0,63 мм – 30–35 %; 0,63–5 мм – 56–64 %. Как видно, он не совпадает с оптимальным зерновым составом песка из горных пород, но подчиняется закономерностям, установленным гранулометрии шлаковых песков. В частности, что касается фракций менее 0,14 мм, в том числе зольных и шлаковых, играющих роль активной тонкомолотой добавки, способствующих улучшению структуры и прочности шлакобетона. Во всех случаях прочность пропаренного шлакобетона, в состав которого введена золошлаковая смесь, выше, чем бетонов с другими обогатительными добавками, в зоне оптимума превышение достигает 11–20 %.

Выявлено, что оптимальная упаковка заполнителей шлаковых бетонов, поверхность которых характеризуется открытой пористостью и шероховатой структурой, обеспечивается при увеличении мелких фракций (0–5 мм)

в смеси заполнителей на 5–10 % против оптимальной для бетона на природных заполнителях.

Шлаковый бетон оптимальных составов на заполнителях из доменных и топливных шлаков при расходе цемента от 180 до 440 кг/м<sup>3</sup> имеет среднюю плотность 2300–2500 кг/м<sup>3</sup> прочность на сжатие от 15 до 55 МПа, что указывает на высокое качество его структуры. При равных расходах цемента физико-механические характеристики исследуемого шлакобетона выше, чем аналогичных бетонов на прочных природных заполнителях, а его призмочная прочность и прочность на растяжение при изгибе имеет совпадающий характер.

Модуль деформации шлакового бетона на оптимизированном шлаковом песке при напряжении, равном 0,3 от призмочной прочности, близок к нормативным значениям начального модуля упругости тяжелых конструктивных бетонов.

Исследована долговечность бетона на шлаковом щебне и мелком заполнителе из смеси отсева доменного и топливного шлаков при воздействии на него внешней среды и сульфатной агрессии. При этом установлено, что морозостойкость шлакового бетона с добавкой поверхностно-активных веществ на смешанных мелких заполнителях на I-II марки выше, чем у аналогичных тяжелых бетонов.

Определено, что этот бетон отличается высокой коррозионной стойкостью, через 126 суток испытаний в сульфатной среде снижение прочности образцов не превышало 8 %.

Водонепроницаемость шлаковых бетонов классов В15-В35 на заполнителях из смеси доменных и топливных шлаков колеблется от W6 до W10, это позволяет использовать их в конструкциях, подверженных действию напорных вод.

Предложенные бетоны с применением зол и шлаков имеют широкую область применения, отличаются меньшим расходом вяжущего, в то же время имеют высокие эксплуатационные характеристики. Их широкое применение способствует массовому использованию в строительстве вторичных продуктов промышленности, дает экономический и экологический эффект.

Поэтому для решения проблем, связанных и с экономией невозпроизводимых природных ресурсов, необходимо переходить на современные подходы получения бетонов нового поколения, то есть на производство модифицированных бетонов с использованием ферросплавных отходов. Сущность такого подхода заключается в использовании шлакощелочных вяжущих в качестве заполнителей для модифицированного бетона. При этом наблюдается снижение расхода естественных заполнителей.

Большую ценность для производства автоклавных материалов представляют шлаки, получаемые при выплавке коуглеродистого феррохрома. При охлаждении шлак феррохрома в результате силикатного распада превращается в дисперсный порошок. Добавка шлака (3–4 %) к силикатной массе позволяет улучшить ее формовочные свойства, повысить прочность сырца, снизить расход извести. Шлаки ферросплавного производства могут стать эффективным заполнителем огнеупорных бетонов. Огнеупорные бетонные композиции на основе заполнителей из ферросплавных шлаков могут применяться в различных тепловых агрегатах.

Бетона на заполнителе из шлаков ферросплавного производства характеризуется высокой термостойкостью и может применяться в качестве высокотемпературной футеровки с циклическим режимом нагрева и охлаждения.

Комплексные вяжущие материалы – это многокомпонентная система, в которой каждый из компонентов отвечает за определенный спектр свойств. Все компоненты этой системы взаимосвязаны между собой и работают так, чтобы созданная система была одним единым конгломератом. Любые изменения этого конгломерата, либо это замена одного из компонентов, либо другие какие-то изменения приведёт к нарушению показателей системы.

Способы и механизм воздействия химических модификаторов, присутствующих в бетонах с использованием композиционного вяжущего разнообразны. Они изменяются в зависимости от вида и расхода вяжущего, водоцементного отношения, метода введения, рецептуры смесей и других факторов. Следовательно, правильный выбор химических модификаторов и определение целесообразных и рекомендуемых областей их использования будет ответственным этапом в производстве модифицированного бетона. В технологии композиционных вяжущих материалов необходимо учитывать рекомендации по выбору и дозировкам добавки, но в тоже время надо предусматривать эффективность, не токсичность, доступность и стоимость выбранной добавки.

В современном строительстве бетон является одним из основных конструктивных материалов, уровень производства которого постоянно возрастает. Современные методы исследований и разработка передовых технологий, в том числе и нано технологий, позволяют направленно воздействовать на структуру и свойства цементных растворов и бетонов и получать материалы, обладающие высокими технологическими и физико-техническими параметрами.

Проектирование рецептуры бетонных композитов необходимо производить для того, чтобы получить конечный продукт с определенными свойствами по прочностным и другим характеристикам, устанавливаемым проектной документацией на заданный вид сырьевых материалов. Для изготовления качественных бетонных композитов необходимо соблюдение технологии производства. Технология производства – это не только точное соблюдение всех технологических переделов (тщательность перемешивания, формование), но и исследование применяемых сырьевых ресурсов, правильный подбор составляющих бетонного композита.

Проектирование рецептуры бетона состоит в подборе расхода сырьевых компонентов (минерального вяжущего, воды затворения, заполнителей мелкого и крупного) на 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси, находящейся в уплотненном состоянии или в относительном выражении – соотношения по массе или объёму между количествами цемента, песка и щебня (гравия) при обязательном указании водоцементного отношения.

От точности проектирования рецептуры бетона изменяются его основные физико-механические свойства, такие как плотность и прочность, которые, в последствие окажут значительное влияние на такие ответственные свойства,

как морозостойкость, водонепроницаемость, водостойкость и др., отвечающие за эксплуатационную надежность изделий и конструкций. Наиболее эффективным и рациональным можно считать ту рецептуру тяжелого бетона, которая характеризуется минимальным расходом вяжущего, но при этом не пострадает заданная по проекту прочность бетона и сохраняется принятая удобоукладываемость бетонной смеси [10–13].

#### ВЫВОДЫ

Применение композиционного вяжущего на основе металлургических отходов благоприятно сказывается на основных физико-механических свойствах бетона, наблюдается прирост 16 % прочности, а отношение призмочной прочности к кубиковой, модуль упругости, коэффициент Пуассона значительно превышают показатели с использованием ненаполненных вяжущих веществ.

Бетон 21 века – это, в первую очередь, многокомпонентный композиционный материал, состав которого, в отличие от традиционного бетона, представлен не только цементом, песком, щебнем и водой, но также химическими модификаторами полифункционального назначения и микрозаполнителями различного минерального состава и дисперсности.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Саламанова, М. Ш., Исмаилова, З. Х. Формирование структуры и свойств эффективных модифицированных бетонов // Международная заочная научно-практическая конференция «Актуальные вопросы в научной работе и образовательной деятельности». – Тамбов, 2014. – С. 141–145.

2 Агибаева, А. Ж., Аманжолов, А., Ларичкин, В. В. Разработка оптимального состава бетонных смесей на основе шлама глиноземного производства // Наука и техника Казахстана. – 2018. – № 3 – С. 64–70.

3 Гельманова, З. С., Жаксыбаев, Д. М. Особенности образования и использования вторичных ресурсов в металлургическом производстве // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 7 (Ч. 5). – С. 749–753.

4 Баженов, Ю. М. Бетон: технологии будущего // Строительство : новые технологии – новое оборудование. – М. : ИД «Панорама». – 2009. – № 8. – С. 29–32.

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 твердых техногенных отходов предприятий теплоэнергетики и металлургии Павлодарской области в производстве строительных материалов // Наука и техника Казахстана, 2016 – № 3–4. – С. 34–39.

6 **Панфилов, М. И., Школьник, Я. Ш., Орининский, Н. В., Коломиец, В. А.** Переработка шлаков и безотходная технология в металлургии. – М. : Металлургия. – 1987. – 238 с.

7 **Арынгазин, К. Ш., Станевич, В. Т., Тлеулесов, А. К., Куандыков, А. Б., Шапихова, Н. Е.** Исследование процессов производства бетонных изделий на основе сталеплавильных шлаков // Наука и техника Казахстана. – 2018. – № 4. – С. 43–49.

8 **Каблуковский, А. Ф.** Производство стали и ферросплавов в электропечах : Учебник для техникумов. – М. : Металлургия. – 1991. – 335 с.

9 **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

10 **Баженов, Ю. М., Демьянова, В. С., Калашников, В. И.** Модифицированные высококачественные бетоны – М. : ДСВ. – 2006 – 289 с.

11 **Каприелов, С. С. и др.** Модифицированные высокопрочные бетоны классов В80 и В90 в монолитных конструкциях. Ч. II // Строительные материалы. – 2008. – № 3. – С. 9–13.

12 **Бисултанов, Р. Г.** Модифицированные бетоны на композиционном вяжущем с использованием тонкодисперсных наполнителей : Дисс. канд.тех. наук. // Грозненский государственный нефтяной технический университет имени акад. М. Д. Миллионщикова. – Грозный, 2016.

13 **Тур, Г. А., Гилязидинова, Н. В.** Бетоны повышенной стойкости для шахтного строительства // Искусствоведение, архитектура и строительство – Современные строительные технологии и материалы : Материалы международной научно-практической Интернет-конференции Modern directions of theoretical and applied researches-2014. – Издательство «Научный мир», 2014.

Материал поступил в редакцию 27.02.19.

#### **Назжекенова Алия Жастлекқызы**

магистрант, Сәулет–құрылыс факультеті, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

#### **Искаков Қайрат Муратұлы**

т.ғ.к., қауымд. профессор (доцент),

«Көліктік техника және логистика» кафедрасы, Металлургия, машина жасау және көлік факультеті, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ, 140008, Қазақстан Республикасы,

e-mail.ru: iska\_k75@mail.ru.

Материал баспаға 27.02.19 түсті.

### **Металлургиялық қалдықтарды пайдалана отырып композициялық тұтқырлардың қосындысынан жасалатын модефикацияланған бетон**

*Металлургиялық қоқыстарды пайдалану құрылыс жылдамдығын арттыру жағдайында өте тиімді. Бұл толықтырғыштарды пайдалану жаңа кең орындарын талап етпейді және жиналып қалған қалдықтарды пайдаланумен олардың территориядағы орнын босатуға мүмкіндік береді. Күл-қоқыс қоспалары табиғи толықтырғыштарда ұсақ толықтырушы және де жеңіл бетондарда керамзитті қиыршықтас ретінде қолданылады.*

*Ірі толықтырғыш ретінде ферроқорытпа зауытының қоқыс қиыршық тастары пайдаланылады. Ақырын мұздатылған жағдайда олар кристалданады, бірақ оларда шыны тәріздес құрылымдағы белсенді заттар сақталады. Қоқыс қиыршық тастары көбінесе металлургиялық кәсіпорындармен құрылыс индустриясындағы кәсіпорындарда жұқа қабырғалы конструкцияларды жасау үшін жарамсыз 40–12 мм-лі фракция түрінде жүзеге асатындықтан, оларды 5–40 мм ірілікпен ұсақтау және бөліктеу қажеттілігі туындайды.*

*Түйіршектелген домна қоқысының негізінде жоғарғы көрсеткіштегі төзімділікпен В40 дейінгі класстағы бетондар, сонымен қатар құрастырмалы және тұтас құймалы құрылысқа арналған бетондар жасалады. Ұсақ толықтырғыш ретінде металлургиялық зауыттардың күл мен қоқыстарын пайдалануға болатындығы дәлелденді, бетон біздің аймақпен климаттық жағдайда пайдаланылатын қоршау құрылмаларына қойылатын талаптарды орындайды. Зерттеу нәтижесінде күл-қоқыс қоспалары кәдімгі ауыр бетондар үшін ұсақ толықтырғыш ретінде қолданылуы мүмкін екендігі айқындалды. Мұндай бетондар айтарлықтай берік, аязға төзімді және су өткізбейтін қасиеттерге ие.*

*Кілтті сөздер: қоқыс, бетон, қиыршық тас, металлургиялық қоқыстар, толықтырушылар.*

#### **Nazhekenova Aliya Zhastlekovna**

undergraduate student, Faculty of Architecture and Construction, S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

#### **Iskakov Kairat Muratovich**

Candidate of Technical Sciences, associate professor, Department of «Transport Equipment and Logistics», Faculty of Metallurgy, Engineering and Transport, S. Toraiyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

e-mail.ru: iska\_k75@mail.ru.

Material received on 27.02.19.

### **Modified concrete on composite binder using metallurgy waste**

*The use of metallurgical slags is especially important in the conditions of increasing construction rates. The use of these aggregates does not require new deposits and allows you to utilize the accumulated waste and free the territories they occupy. Ash and slag mixtures are used as fine aggregate in heavy concretes on natural aggregates and in light concretes on ceramsite gravel.*

*Slag crushed stone of a ferroalloy plant is used as a coarse aggregate. During slow cooling, they crystallize, but partially they contain the active substance with a vitreous structure. Since slag crushed stone is sold by metallurgical enterprises mainly in the form of 40–120 mm fractions, which are not suitable for the manufacture of thin-walled structures, the enterprises of the construction industry need to crush them to a particle size of 5–40 mm and fractionation.*

*On the basis of granulated blast furnace slag, concrete of classes up to B40 with high durability and concrete for precast and monolithic construction are obtained. It is proved that ashes and slags of metallurgical plants can be used as fine aggregate, concrete meets the requirements for supporting walling structures operated in the conditions of our region and climate. Studies have established that ash and slag mixtures can be used as fine aggregate for ordinary heavy concrete. Such concretes have sufficient strength, frost resistance and water resistance.*

*Keywords: slag, concrete, crushed stone, metallurgical waste, fillers.*

ГРНТИ 67.11.41

**Курманов Аскар Каратаевич**

к.т.н., ассоц. профессор (доцент), кафедра «Промышленное, гражданское и транспортное строительство», Архитектурно-строительный факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: kurmanov\_190658@mail.ru.

**Абденбаева Айгерим Балтабековна**

магистрант, кафедра «Промышленное, гражданское и транспортное строительство», Архитектурно-строительный факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: aigerim.abdenbaeva@mail.ru.

**ПЕРСПЕКТИВА РАЗВИТИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА С ПРИМЕНЕНИЕМ ТРУБОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В КАЗАХСТАНЕ**

*В строительной индустрии возрастает потребность в возведении зданий и сооружений на основе более устойчивых, надежных в эксплуатации и в то же время более простых в технологии производства несущих конструкций. Одной из возможностей в удовлетворении такой потребности в настоящее время стало применение трубобетонных конструкций. В статье приведены сведения о трубобетонных конструкциях, особенностях работы компонентов трубобетона – металлической оболочки и бетонного ядра. Рассмотрены основные достоинства трубобетона. Приведены данные об эффективности трубобетона по сравнению с металлическими и железобетонными конструкциями. Изложены тенденции применения в строительстве трубобетонных элементов. Проведен краткий обзор мирового опыта применения в качестве вертикальных несущих конструкций трубобетона для объектов гражданского назначения. Рассматриваются ключевые факторы, касающиеся проблем внедрения трубобетонных конструкций при строительстве каркасных зданий в Казахстане.*

*Ключевые слова: трубобетон, трубобетонные колонны, каркасные здания, стальная оболочка, бетонное ядро, прочность.*

**ВВЕДЕНИЕ**

Современное строительство характеризуется увеличением высот и пролетов зданий и сооружений, ростом технологических нагрузок, настоятельно требуя применения стержневых вертикальных несущих элементов, обладающих высокой несущей способностью, надежностью и долговечностью при малых поперечных сечениях.

При выборе материала несущих каркасов современного строительства предпочтение отдают железобетону как более огнестойкому и дешевому материалу, чем металл. Применение монолитного каркаса составляет в среднем по стране 70 % от общего объема конструктивов сооружения [1, 2]. В последнее время созданы и применяются высокопрочные бетоны классов В60...В100 и выше.

Однако их применение сдерживается по многим причинам. С ростом класса бетона выше В70 резко увеличивается его стоимость, а также традиционные

железобетонные конструкции из такого бетона из-за его хрупкости могут в экстремальных условиях мгновенно терять несущую способность – в частности, разрушение сжатых конструкций из таких бетонов, как и разрушение при высокотемпературном нагреве, будет иметь взрывной характер.

Одним из путей эффективного использования высокопрочных бетонов является применение трубобетонных колонн. Имеющие небольшую гибкость и малые эксцентриситеты приложения продольной силы (характерные для вертикальных несущих элементов каркасов высотных зданий), они обладают исключительно высокой несущей способностью при относительно малых поперечных сечениях, являясь примером удачного сочетания наиболее ценных свойств металла и бетона [3].

#### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

На сегодняшний день, в Казахстане на смену старым строениям приходят новые прогрессивные технологии монолитного строительства, основной задачей которого является уменьшение объема несущих конструкций, снижение веса зданий, их материалоемкости, а также уменьшение трудозатрат и сокращение сроков строительства. Поставленные задачи традиционными методами и материалами не решить, поэтому возникает потребность создания эффективных материалов и конструкций высокой надежности и минимального веса. Для решения этих проблем возникла необходимость внедрения новых технологий и высокопрочных материалов.

Этим требованиям удовлетворяют трубобетонные конструкции. Трубобетон является разработкой российских ученых. В 1932 году профессор А. А. Гвоздев впервые опубликовал работу по методике расчета трубобетона как конструкции.

Более чем полувековая практика возведения зданий из трубобетонных элементов в качестве несущих конструкций здания показала высокую конструктивную и технологическую эффективность. Прогрессивные научные исследования и активный практический опыт возведения каркасных зданий из трубобетона имеют место в Китае, США, Японии, Великобритании, Австралии, Германии, Франции и других экономически развитых странах мира [4]. К примеру, в Китае создана полноценная нормативная база по применению трубобетона в строительстве, поэтому более 50 % всех построенных в последние годы зданий конструированы с применением этих конструкций [5, 6]. Однако в нашей стране эта технология почти не применяется.

Трубобетон является комплексной конструкцией, которая состоит из стальной оболочки и бетонного ядра, работающих совместно [7]. Трубобетонные конструкции, которые имеют небольшую гибкость и малые эксцентриситеты приложения продольной силы, обладают высокой несущей способностью при относительно малых поперечных сечениях, являясь примером удачного сочетания ценных свойств бетона и металла [3]. Этому способствует эффект обоймы, который создает стальная оболочка для бетонного ядра, выполняя одновременно функции как продольного, так и поперечного армирования. Боковое давление

трубы препятствует интенсивному развитию микротрещин разрыва в бетонном сердечнике, который в условиях всестороннего сжатия выдерживает напряжения, значительно превосходящие призматическую прочность. Стальная обойма, в свою очередь, предохранена от потери местной и общей устойчивости, благодаря благоприятному влиянию внутреннего давления твердой среды. Трубобетонные конструкции, которые являются основными несущими элементами здания, создают условия, которые снижают явление прогрессирующего обрушения при техногенных и других воздействиях.

При изготовлении трубобетона используются круглые цилиндрические, а также призматические, прямоугольные или квадратные трубы. В некоторых случаях внутри бетонного ядра устанавливается арматура: гибкая – в виде стержней или жесткая – уголки, двутавры или пластины. Армирование ядра позволяет уменьшить диаметр оболочки и, следовательно, поперечный габарит конструкции, что имеет большое значение.

Весьма существенным является факт, что трубобетонные конструкции отличаются от железобетонных конструкций способностью выдерживать в экстремальных условиях значительные нагрузки длительное время, тогда как железобетонные конструкции теряют несущую способность мгновенно. Помимо всех конструктивных достоинств трубобетонные конструкции обладают всеми достоинствами металлических конструкций в плане монтажа, отличаясь при этом от последних более высокой огнестойкостью.

При возведении каркаса здания из трубобетонных колонн сокращается количество технологических операций, которые связаны с демонтажем опалубки колонн и установкой или вязкой арматурного каркаса, так как смонтированная в проектное положение металлическая труба одновременно является и опалубкой и армированием колонны. Отсутствие данных операций способствует сокращению сроков возведения каркаса здания и трудозатрат [8, 9]. Учитывая также то, что трубобетонные колонны обладают более высокой несущей способностью по сравнению с железобетонными, то их поперечные сечения значительно меньше, при условии сохранения одинаковой несущей способности. А это значит, что снижается вес самого каркаса и здания в целом, улучшаются его объемно-планировочные решения, снижаются затраты на бетон и бетонные работы. Кроме того, открывается перспектива использования в трубобетонных колоннах высокопрочных бетонов, что также позволит значительно снизить размеры поперечных сечений конструкций, следовательно, и общие затраты на строительство [10].

Китайскими строителями приведены аргументы, которые доказывают, что использование трубобетонных конструкций в строительстве, вместо железобетонных, как более устойчивых к сжатию, дает возможность большой экономии стали и бетона. И таким образом уменьшить вес сооружений, многократно повысить технические показатели традиционных стержневых конструкций, что особенно важно в строительстве многоэтажных, многопролетных сейсмостойких зданий. Это также позволяет в условиях плотной городской застройки решать

целый ряд проблем в вопросах проектирования и производства строительных работ. Теория и практика строительства применения трубобетона в зарубежных странах свидетельствует о том, что трубобетон помимо высокой силы сжатия, легкости, устойчивости к нагрузкам, ударостойкости обладает еще следующими преимуществами:

– стальные трубы уже своей геометрической формой обеспечивают экономить на стройматериалах для опалубки, а также использовать передовые методы заливки бетона с помощью насосов;

– стальные трубы уже сами по себе являются арматурой, принимая на себя как продольные, так и поперечные нагрузки;

– объем сварных работ со стальными трубами неизмеримо меньше объема работ по сварке обычной арматуры, что дает возможность упростить технологию и сократить сроки строительно-монтажных работ, уменьшить количество строительных лесов, уменьшить площадь производства работ.

В северных районах в зимнее время можно вести сварку стальных труб, а их заливку бетоном производить весной, что дает возможность вести строительство круглый год без какой-либо сезонности.

Полная стоимость сооружений из трубобетона значительно ниже стоимости аналогичных железобетонных и стальных. Меньшая масса трубобетонных элементов в сравнении с железобетонными конструкциями облегчает их транспортирование и монтаж. Трубобетон экономичнее железобетона из-за отсутствия опалубки, кружал, хомутов, отгибов, петель, закладных деталей; он более вынослив, менее подвержен механическим повреждениям.

Что касается применения трубобетона современными казахстанскими застройщиками, то в области трубобетонных технологий успешно работает «Корпорация КУАТ», которая возводит по этой технологии здания в мега-районе «Сайран» в городе Алматы. Мега-район «Сайран» – это крупнейший архитектурно-строительный проект в нашей стране. Площадь застройки охватывает 228 га. Дело в том, что одно из основных отличий мега-района «Сайран» – его высотность: в жилом комплексе будут возводиться здания от 12 до 25 этажей и выше. Это обязывает застройщика очень ответственно относиться к конструкциям, которые применяются в несущем каркасе. Именно поэтому при строительстве данного объекта будут использоваться монолитные железобетонные конструкции, а также трубобетон.

Делегация, состоящая из специалистов «Корпорации КУАТ» проконсультировалась с экспертами ведущих строительных фирм России и КНР по технологии трубобетона, которая используется в возведении высотных зданий в этих странах. Этот район относится к зоне «9 баллов», поэтому здания, возводимые на проектируемой территории, должны пройти все возможные сейсмические экспертизы и проверки. На объектах мега-района «Сайран» используется жесткий монолитный каркас с заполнением эффективными стеновыми материалами, который дает возможность формирования больших пролетов сейсмостойкой конструкции. В опорных узлах колонн и перекрытий используются стальные

элементы, которые вместе с диафрагмами жесткости принимают основные сейсмические нагрузки [11].

Широкое применение трубобетонных конструкций в Казахстане сдерживается отсутствием нормативных документов по их проектированию и расчету. Экспериментальное строительство с применением трубобетонных конструкций приведет к продлению срока ввода объекта в эксплуатацию, что не соответствовало требованиям коммерческого строительства в условиях строительного бума с большими прибылями. При стабилизации цен в строительстве заказчики будут заинтересованы в экономии строительных материалов. Одним из способов снижения расхода стали и трудоемкости в строительстве, является применение трубобетонных конструкций.

Поэтому можно полагать, что дальнейшие исследования в этой области необходимы и перспективны.

### ВЫВОДЫ

Новейший мировой опыт применения трубобетонных конструкций в области строительства показывает явно выраженную конструктивно-технологическую и экономическую эффективность инженерных решений с использованием трубобетона.

В то же время, широкое применение и внедрение трубобетона в Казахстане сдерживается отсутствием нормативных документов по их проектированию и расчету. Несмотря на весьма обстоятельные исследования в этой области, надо признать, что до сих пор отсутствуют эффективная методика расчета и технологии возведения трубобетонных конструкций, нет надежной и приемлемой для практического использования расчетной модели трубобетонного сечения в предельном состоянии, адекватно отражающей его специфические особенности. Указанные моменты предопределяют актуальность дальнейших исследований по расчету трубобетона.

Таким образом, для широкого применения при всех своих преимуществах трубобетонные конструкции нуждаются в дальнейших исследованиях.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Данилов, В. И., Данилова, М. Э., Исабек, З. Р.** Качество возведения каркасов из монолитного железобетона // Наука и техника Казахстана. – 2014. – № 3–4. – С. 14–17.

2 **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.

3 **Кришан, А. Л.** Прочность трубобетонных колонн с предварительно обжатым ядром : дисс. докт. техн. наук. – Магнитогорск, 2011.

4 **Кришан, А. Л., Заикин, А. И., Сагадатов, А. И.** Трубобетонные колонны высотных зданий. – Магнитогорск : ООО «МиниТип», 2010. – 196 с. : ил.

5 **Етекбаева, А. Б.** Прочность и деформация трубобетонных сжатых элементов при знакопеременных горизонтальных нагрузках: дисс. докт. техн. наук. – Алматы, 2010.

6 **Цай Шаохуай.** Новейший опыт применения трубобетона в КНР // Бетон и железобетон. – 2001. – № 3.

7 **Кришан, А. Л., Кришан, М. А., Сабиров, Р. Р.** Перспективы применения трубобетонных колонн на строительных объектах России // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. – 2014. – № 1 (45).

8 **Колмогоров, Г. Л., Путилова, Е. М., Сайгина, Л. С.** Несущая способность трубобетонных колонн под действием осевых усилий // Строительная механика и расчет сооружений. – 2012. – № 4.

9 **Цыгулев, Д. В., Ахтияров, Н. А.** Исследования прочностных характеристик трубобетонных элементов // Исследования по строительным конструкциям: Межвуз. сб. науч. Трудов / Каз. гос. архитектурно-строит. акад. – Алматы, 2000.

10 **Иноземцев, В. Л.** Некоторые направления модернизации // Сборник статей и материалов. Глава IV. (Принуждение к инновациям: стратегия для России). – М. : АНО «Центр исследований постиндустриального общества», 2009.

11 Полипласт – новое имя на рынке бетона // Строительный вестник [Электронный ресурс]. – <https://subscribe.ru/archive/build.gsv/200702/28114728.html>.

Материал поступил в редакцию 27.02.19.

#### **Қурманов Асқар Қаратайұлы**

т.ғ.к., кауымд. профессор (доцент), «Өнеркәсіптік, азаматтық және көлік құрылысы» кафедрасы, Сәулет-құрылыс факультеті, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: kurmanov\_190658@mail.ru.

#### **Абденбаева Айгерім Балтабекқызы**

магистрант, «Өнеркәсіптік, азаматтық және көлік құрылысы» кафедрасы, Сәулет-құрылыс факультеті, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: aigerim.abdenbaeva@mail.ru. Материал баспаға 27.02.19 түсті.

#### **Қазақстанда құбырлы бетон құрылымдарын қолдану арқылы құрылыстың даму болашағы**

*Құрылыс индустриясында пайдалану кезінде аса тұрақты, сенімді сонымен бірге өндіріс технологиясында қарапайым көтеруші құрылымдар негізінде ғимараттар мен имараттарды салу қажеттілігі арта түсуде. Қазіргі уақытта осындай қажеттілікті қанағаттандыру мүмкіндіктерінің бірі ретінде құбырлы бетон құрылымдары қолданылады. Мақалада құбырлы бетон құрылымдары, құбырлы бетон компоненттерінің*

*жұмыс ерекшеліктері – металл қабықшасы мен бетонды ядросы туралы мәліметтер келтірілген. Құбырлы бетонның негізгі құндылықтары қарастырылған. Металл және темір бетонды құрылымдармен салыстырғанда құбырлы бетонның тиімділігі туралы мәліметтер айтылған. Құрылыста құбырлы бетон элементтерін қолдану үрдісі баяндалған. Азаматтық мәндегі объектілерге арналған құбырлы бетонның тік көтеруші құрылымдар ретінде пайдаланудың әлемдік тәжірибесіне қысқаша шолу жасалған. Қазақстанда қаңқалы ғимараттарды салу кезінде құбырлы бетон құрылымдарын енгізу мәселелеріне байланысты негізгі факторлар қарастырылуда.*

*Кілтті сөздер: құбырлы бетон, құбырлы бетон бағандар, қаңқалы ғимараттар, болатты қабықша, бетонды ядро, беріктілік.*

#### **Kurmanov Askar Karatayevich**

Candidate of Technical Sciences, associate professor, Department of «Industrial, Civil and Transport Construction», Faculty of Architecture and Construction, S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: kurmanov\_190658@mail.ru.

#### **Abdenbayeva Aigerim Baltabekovna**

undergraduate student, Department of «Industrial, Civil and Transport Construction», Faculty of Architecture and Construction, S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: aigerim.abdenbaeva@mail.ru. Material received on 27.02.19.

#### **The perspective of building development with using the tube-concrete constructions in Kazakhstan**

*The building industry needs strong constructions, good in exploitation and at the same time simpler in the technology of holding constructions production. One of the opportunities to satisfy such need nowadays is using of tube-concrete constructions, the peculiarities of work of tube-concrete components – metal shell and concrete core. The main advantages of tube-concrete material are given. There are examples about tube-concrete effectiveness in comparison with metal and reinforced concrete. The trends of using tube-concrete constructions in building are set out. In the article we see the review of world experience in the using of tube-concrete material as vertical carrying constructions for civil using. The key factors concerning the problems of tube-concrete constructions introduction in the sphere of frame building in Kazakhstan are also discussed.*

*Keywords: tube-concrete, tube-concrete columns, frame buildings, steel shell, concrete core, strength.*

**Ордабаев Ерсен Капсамадович**

к.т.н., профессор, кафедра «Транспортная техника и логистика»,  
Факультет металлургии, машиностроения и транспорта,  
Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,  
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан.

**Ахметов Серик Имангалиевич**

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

**Есаулкин Валерий Сергеевич**

магистрант, специальность «Транспорт, транспортная техника и технологии»,  
кафедра «Транспортная техника и логистика», Факультет металлургии, машиностроения  
и транспорта, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,  
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан.

### **О РАСШИРЕНИИ ВОЗМОЖНОСТЕЙ МЕТОДА РЕЦИРКУЛЯЦИИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ В ПОРШНЕВОМ ДВИГАТЕЛЕ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

*Рассмотрены методы частичной и полной рециркуляции отработавших газов как способы уменьшения с целью уменьшения выброса токсичных веществ в атмосферу и повышения топливной экономичности двигателя, охарактеризован режим работы принудительного холостого хода, изложена изоляция двигателя от окружающей среды путем перевода его на замкнутый цикл газообмена.*

*Ключевые слова: рециркуляция, отработавшие газы, токсичность, оксиды азота, двигатель внутреннего сгорания, холостой ход.*

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Частичная рециркуляция отработавших газов (ОГ) в быстроходных двигателях внутреннего сгорания (ДВС) в известных работах рассматривается главным образом как способ уменьшения образования и выброса оксидов азота [1, 2, 5]. Достаточно хорошо изучены все аспекты возврата части выпускаемых в атмосферу ОГ в двигатель и дана количественная оценка как положительного эффекта по эмиссии оксидов азота, так и отрицательного влияния его на топливную экономичность и дымность ОГ двигателя. При чем речь идет о работе двигателя под нагрузкой [4, 6, 7, 9–11].

Возможность осуществления полной рециркуляции ОГ просматривается в изобретении американского изобретателя Мак-Кинли (патент № 2741233, США) без четкого указания на конечную цель его использования. Нам представляется, что полная рециркуляция ОГ возможна и целесообразна в автомобильных двигателях в определенных условиях эксплуатации автотранспортных средств (АТС) для сокращения выделения других компонентов ОГ, т.е. расширить

возможности данного метода, обеспечивая комплексный подход к решению экологической проблемы АТС.

#### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

В условиях плотного транспортного потока, характерного для крупных городов, автомобиль, как известно, большую часть времени работает на резко переменных режимах. Одним из них является так называемый режим принудительного холостого хода (ПХХ), возникающий при торможении двигателем без выключения трансмиссии.

Этот режим характеризуется быстрым закрытием дроссельной заслонки при высокой частоте вращения двигателя и постепенным уменьшением последней. При этом резко возрастает разрежение во впускном трубопроводе и цилиндре двигателя (до 80–85 кПа). Одновременно сильно уменьшается наполнение цилиндра свежим зарядом и увеличивается разбавление последнего остаточными газами, вследствие чего появляются пропуски воспламенения, а при высоких частотах вращения сгорание прекращается. Поэтому в составе ОГ содержится большое количество несгоревших углеводородов и ПХХ считается одним из наиболее токсичных режимов работы бензинового двигателя [3, 8].

Кроме того, режим ПХХ отличается непроизводительными затратами топлива, повышенным расходом моторного масла из-за высокого разрежения в цилиндре и неудовлетворительным протеканием следующих за ПХХ нагрузочных режимов, что проявляется в снижении динамики и возникновении «провалов» в работе двигателя. Последнее обусловлено тем, что на восстановление топливной пленки на стенках впускного канала (интенсивно испаряющейся при высоком разрежении) и очистку КС от скопившегося масла требуется некоторое время.

Отключение топливоподачи на ПХХ за счет применения специальных экономайзерных систем или в современных инжекторных системах с электронным управлением топливоподачи не исключает эмиссии углеводородов СН. Это связано с тем, что при закрытой дроссельной заслонке и повышении частоты вращения коленчатого вала во впускной системе и цилиндрах сохраняется высокое разрежение, которое вызывает, с одной стороны, увеличение тормозного момента двигателя, что естественно при росте насосных потерь, а с другой, интенсивный подсос масла из картера через неплотности цилиндро-поршневой группы и по штокам клапанов. В результате несмотря на отключение топливоподачи на ПХХ, поступающее масло и испаряющееся из жидкой пленки на стенках впускного тракта топливо начинают интенсивно «питать» ОГ углеводородами.

Здесь напрашивается мысль об использовании метода рециркуляции газов по новому назначению для режимов ПХХ с целью исключения выброса газов в атмосферу, что возможно при полной рециркуляции. Это парадоксальное на первый взгляд предложение имеет вполне реальное основание.

Во-первых, изоляция двигателя от окружающей среды путем перевода его на замкнутый цикл газообмена возможна благодаря тому известному обстоятельству, что на этом режиме двигатель играет роль тормоза, т. е. от него не требуется,

чтобы он развивал мощность для передачи ее в трансмиссию. Во-вторых, полная рециркуляция дает возможность предотвратить выброс токсичных веществ в атмосферу, а разрежение во впускном трубопроводе и цилиндрах уменьшить до величины, исключаяющей подсос масла и топлива.

Система для полной рециркуляции газов должна, очевидно, включать рециркуляционный канал, соизмеримый по проходному сечению с впускным трактом, тогда при ее включении впускной трубопровод через этот канал и выпускную систему будет фактически сообщаться с атмосферой. При очень малом расходе воздуха через впускной трубопровод (или его отсутствии) на ПХХ в рециркуляционный канал попадет некоторое количество воздуха со стороны выпуска, которое в смеси с отработавшими газами и будет пульсировать в системе «впускной трубопровод – цилиндр – выпускной трубопровод – рециркуляционный канал – впускной трубопровод». А отсутствие прямой продувки впускного трубопровода устраняет недостатки, обусловленные уносом жидкой топливной пленки из него. При переходе на тяговый режим работы двигателя инертные газы, оставшиеся в цилиндрах и впускной системе после ПХХ, будут удалены за два-три рабочих цикла, что не может иметь существенных отрицательных последствий.

Конечно, полная рециркуляция газов может привести к некоторому снижению тормозного момента двигателя на ПХХ, что, по сравнению с ожидаемым эффектом по топливной экономичности и уменьшению загрязнения окружающей среды, не имеет принципиального значения, особенно при надежной тормозной системе автомобиля.

#### ВЫВОДЫ

Таким образом, осуществление частичной и полной рециркуляции ОГ в поршневом двигателе может обеспечить улучшение токсических характеристик его в более широком диапазоне режимов работы в городских условиях эксплуатации автомобиля.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Воинов, А. Н.** Сгорание в быстроходных поршневых двигателях. – М. : Машиностроение, 1977. – 277 с.
- 2 **Гусаров, А. П.** Оксиды азота основная забота разработчиков АТС // Автомобильная промышленность. – 1992. – № 8. – С. 13–15.
- 3 **Дмитриевский, А. В., Шатров, Е. В.** Топливная экономичность бензиновых двигателей. – М. : Машиностроение, 1985. – 208 с.
- 4 **Жегалин, О. И., Пугачев, П. Д.** Снижение токсичности автомобильных двигателей. – М. : Транспорт, 1985. – 120 с.
- 5 **Звонов, В. А.** Токсичность двигателей внутреннего сгорания. – М. : Машиностроение, 1981 – 160 с.
- 6 **Смайлис, В. И.** Малотоксичные дизели. – Л. : Машиностроение, – 1972. – 128 с.
- 7 **Якубовский, К.** Автомобильный транспорт и защита окружающей среды : пер. с ил. – М. : Транспорт, 1979. – 198 с.

8 **Ордабаев, Е. К.** К проблемам принудительного холостого хода карбюраторного двигателя // Автомобильная промышленность. – 1986. – № 1. – С. 8.

9 **Лопатин, О. П.** Влияние угла опережения впрыскивания топлива на показатели рабочего процесса газодизеля при работе с рециркуляцией // Улучшение эксплуатационных показателей двигателей внутреннего сгорания – Киров. – 2016. – С. 252–257.

10 **Марков, В. А., Камалтдинов, В. Г., Хрипунов, С. А.** Рециркуляция отработавших газов в двигателях с воспламенением от сжатия. // Грузовик. – № 6. – Челябинск, 2011. – С. 14–25

11 **Шапко, С. В., Ордабаев, Е. К., Сарбалаев, Е. Ж.** Стабильность экологических характеристик автомобиля с каталитическим нейтрализатором в условиях эксплуатации // Наука и техника Казахстана. – 2015. – № 3–4. – С. 119–126.

Материал поступил в редакцию 27.02.19.

#### *Ордабаев Ерсіп Қапсамаұлы*

т.ғ.к., профессор, «Көліктік техника және логистика» кафедрасы, Металлургия, машина жасау және көлік факультеті, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

#### *Ахметов Серік Иманғалиұлы*

PhD докторанты, аға оқытушы, «Көліктік техника және логистика» кафедрасы, Металлургия, машина жасау және көлік факультеті, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: serik\_ac@mail.ru.

#### *Есаулов Валерий Сергеевич*

магистрант, «Көлік, көліктік техника және технологиялары» мамандығы, «Көліктік техника және логистика» кафедрасы, Металлургия, машина жасау және көлік факультеті, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы. Материал баспаға 27.02.19 түсті.

#### **Пайдаланылған газдардың рециркуляциясы әдісінің мүмкіндіктерін кеңейту туралы поршенді іштен жану қозғалтқышта**

*Атмосфераға улы заттардың шығарылуын азайту және қозғалтқыштың отын үнемділігін арттыру мақсатында азайту тәсілдері ретінде пайдаланылған газдарды ішінара және толық рециркуляциялау әдістері қарастырылды, мәжбүрлі бос жүрістің жұмыс режимі сипатталған, газ алмасудың тұйық циклына ауыстыру арқылы қозғалтқышты қоршаған ортадан оқшаулама жазылған*

*Ключевые слова: рециркуляция, сыртқа шығатын газдары, уыттылығы, азот оксидтері, іштен жану моторы, бос жүріс.*

**Ordabayev Ersen Kapsamadovitch**

Candidate of Technical Sciences, professor, Department of «Transport Equipment and Logistics», Faculty of Metallurgy, Engineering and Transport, S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan,

**Akhmetov Serik Imangaliyevitch**

PhD student, senior lecturer, Department of «Transport Equipment and Logistics», Faculty of Metallurgy, Engineering and Transport, S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: serik\_ac@mail.ru

**Yessaulkov Valeriy Sergeevitch**

undergraduate student, «Transport, Transport Equipment and Technologies» specialty, Department of «Transport Equipment Logistics», Faculty of Metallurgy, Engineering and Transport, S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan. Material received on 27.02.19.

### On the expanding of possibilities of recycling methods in piston internal combustion engines

*The methods of partial and full recycling of exhaust gases as ways of reducing the toxic emissions into the atmosphere and increasing the fuel efficiency of an engine are viewed, the working mode of forced idling is characterized, the isolation of an engine from environment by shifting it into closed gas exchange cycle is described.*

*Keywords: recycling, exhaust gases, toxicity, nitric oxides, internal combustion engine, idling.*

ГРНТИ 61.13.01

**Дюсенбаев Дияз Каиркенович**

магистрант, кафедра «Химии и химических технологий», Факультет химических технологий и естествознания, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: diaskapvl@bk.ru.

**Несмеянова Римма Михайловна**

к.х.н., ассоц. профессор (доцент), кафедра «Химии и химических технологий», Факультет химических технологий и естествознания, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: nesm\_r@mail.ru.

### ПРИМЕНЕНИЕ ПРОТИВОТУРБУЛЕНТНЫХ ПРИСАДОК НА ОСНОВЕ ПОЛИОКТЕНА

*В работе представлены результаты по изучению эффективности противотурбулентной присадки на основе полиоктена и дизельного топлива. Объектом исследования служила нефть месторождения Акиабулак, отличающаяся высоким содержанием парафинов (до 16 %), что является серьезной проблемой при ее транспорте по трубопроводам. Выявлено, что ввод разработанных присадок заметно улучшает температурные характеристики нефти: температура потери текучести изменяется с 21 °С до 9 °С, то есть депрессия составляет 12 °С. Также отмечается высокая эффективность реагентов на основе полиоктена для снижения гидравлического сопротивления в трубопроводе: установлено, что эффективность применения присадки достигает 45–68 % в зависимости от концентрации присадки. Результатами исследований установлено, что наиболее оптимальной концентрацией реагента на основе полиоктена является 300 ppm.*

*Ключевые слова: Трубопроводный транспорт, нефть, присадка, полиоктен, гидравлическое сопротивление.*

### ВВЕДЕНИЕ

Современные противотурбулентные присадки (ПТП) представляют собой в основном раствор или суспензию высокомолекулярного углеводородного полимера в растворителе (носителе). ПТП позволяют уменьшить турбулентность в пристеночной области, в результате чего уменьшается гидравлическое сопротивление линейной части (ЛЧ) и, как следствие, потери напора на трение [1].

На магистральных нефтепроводах/магистральных нефтепродуктопроводах применение ПТП возможно для решения следующих задач:

#### На действующих магистральных нефтепроводах (МН):

1 для увеличения пропускной способности МН, как альтернатива строительству дополнительных перекачивающих станций (ПС), лупингов, замены участков ЛЧ;

2 для снижения энергопотребления ПС и технологического участка в целом при сохранении прежней производительности перекачки за счет:

- отключения одного насоса на ПС;
- уменьшения частоты вращения ротора насоса;

- переключения на насос с меньшим диаметром рабочего колеса;
- отключения целой ПС с последующим её выводом из эксплуатации;

3 для повышения эксплуатационной надёжности трубопровода путём понижения рабочих давлений на ЛЧ с сохранением прежней производительности перекачки.

#### На проектируемых магистральных нефтепроводах:

1 для сокращения количества промежуточных ПС при проектировании новых МН, обеспечивающих транспортировку нефти от месторождений, характеризующихся высокой неравномерностью объёмов добычи;

2 для уменьшения диаметра и толщины стенки трубы МН при проектировании новых МН, перекачивающих нефть от месторождений.

В настоящее время, несмотря на большое количество работ, посвященных ПТП и их применению, данные вопросы рассмотрены не полностью.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В мировой практике накоплен значительный опыт применения высокомолекулярных соединений в качестве ПТП в нефтепроводном транспорте. Первые промышленные испытания ПТП были осуществлены на Трансалайкинском магистральном нефтепроводе в 1979 г. фирмой TransAlaskaPipelineSystem с целью увеличения пропускной способности магистральных нефтепроводов [2].

Действие ПТП сводится к гашению пристеночной турбулентности за счёт взаимодействия длинномерных молекул ПТП с турбулентными вихрями, в результате чего уменьшается гидравлическое сопротивление и, как следствие, потери на трение [3, 4]. В связи с этим, за счет применения ПТП возможно:

- увеличить пропускную способность трубопровода;
- снизить энергопотребление на перекачку при сохранении прежней производительности.

На сегодняшний день ПТП широко применяется для решения задачи увеличения пропускной способности трубопровода [5, 6]. Связано это с тем, что с экономической точки зрения использование ПТП для увеличения пропускной способности МН более целесообразно, чем строительство дорогостоящих лупингов или ввод в эксплуатацию новых станций.

В настоящее время большое количество работ посвящено применению ПТП [7–9] в задачах оптимизации режимов перекачки. Однако, на практике для снижения энергопотребления ПТП далеко не всегда используются [1].

В настоящее время отсутствуют требования и рекомендации о применении ПТП в задачах энергосбережения при проектировании новых МН и методика оценки экономического эффекта от применения ПТП. В то время, как мировой опыт [10] говорит о том, что решения в области энергосбережения, принятые на стадии проектирования, дают гораздо больший эффект и требуют меньших инвестиций, чем на действующих объектах.

В исследованиях [11] основной упор делается на применение ПТП для снижения энергопотребления на действующих нефтеперекачивающих станциях (НПС), оснащенных узлами дросселирования.

Согласно нормативно-технической документации [12] мероприятия по применению ПТП являются экономически обоснованными, если затраты на ПТП и оборудование для её ввода ниже, чем экономия, достигаемая от снижения энергопотребления после ввода ПТП.

В данной работе проведены работы по получению противотурбулентной присадки на основе полиоктена и дизельного топлива, применяемого в качестве дисперсионной среды. Присадку готовят путем смешения полиоктена, изготовленного в виде цилиндров с диаметром 40–50 мм и высотой 30–40 мм, с дизельным топливом в соотношении 1:3.

В качестве объекта исследований взята нефть месторождения Акшабулак, отличающаяся высоким содержанием парафиновых углеводородов (16 %), что обуславливает их высокую температуру потери текучести (21 °С).

Введение предлагаемой присадки на основе полиоктена позволяет улучшить температурные характеристики нефти (таблица 1).

Таблица 1 – Температура потери текучести сырой нефти и после ее обработки ПТП

№	Образец	Концентрация ПТП, ppm	T <sub>пт</sub> , °С
1	Необработанная нефть	–	21
2	Нефть	100	15
3	Нефть	300	9
4	Нефть	500	9

Выявлено, что введение присадки в состав нефти положительно влияет на реологические свойства нефти месторождения Акшабулак: наилучшая депрессия наблюдается при вводе ПТП в количестве 300–500 ppm – 12 °С.

С целью определения гидравлических потерь напора произвели исследования нефти без и после ввода противотурбулентных присадок в нефть на опытном стенде в лабораторных условиях.

Исследования образцов нефти проводили при температуре 20 °С: заливали нефть в раздаточный резервуар, в течение 3 часов образцы нефти циркулировали по трубам, по истечению которого устанавливается определенный режим течения нефти (а также нефти в смеси с ПТП).

По известным потерям в каждом опыте определяли число Рейнольдса и коэффициент гидравлического сопротивления  $\lambda_t$  на основе классической формулы Блазиуса.

Для смеси нефти с присадками различных концентраций определяли значения коэффициента гидравлического сопротивления  $\lambda_n$ .

Результатами по определению гидравлического сопротивления нефти и оценки эффективности его снижения в присутствии противотурбулентной присадки

на основе полиоктена показано (таблица 2), что применение присадки снижает гидравлическое сопротивление нефти.

Таблица 2 – Изучение эффективности ПТП для снижения гидравлического сопротивления нефти

№	Образец нефти	Концентрация ПТП, ppm	Эффективность присадки, ф
1	Нефть	100	45
2	Нефть	300	68
3	Нефть	500	59

Наибольший эффект снижения гидравлического сопротивления (68 %) наблюдается при применении ПТП в количестве 300 ppm.

### ВЫВОДЫ

Таким образом, установлено, что исследуемый композит полиоктена с дизельным топливом может с успехом использоваться в качестве противотурбулентных присадок при перекачивании нефти месторождения Акшабулак по магистральным нефтепроводам, поскольку их небольшие концентрации в смеси с указанной нефтью приводят к уменьшению гидравлического сопротивления, что в конечном итоге способствует повышению пропускной способности трубопроводов и сокращению энергозатрат на перекачивание.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Бархатов, А. Ф., Настепанин, П. Е.** Противотурбулентная присадка как один из способов снижения капитальных и эксплуатационных затрат // Технологии транспорта и хранения нефти и нефтепродуктов. – 2014. – № 3 (15). – С. 18–26.

2 **Мастобаев, Б. Н.** История применения химических реагентов и технологий в трубопроводном транспорте нефти и нефтепродуктов : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 07.00.10. – Уфа, 2003. – 50 с.

3 **Лурье, М. В.** Математическое моделирование процессов трубопроводного транспорта нефти, нефтепродуктов и газа : Учебное пособие. – М. : ФГУП Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2003. – 336 с.

4 **Рындин, В. В., Сиюнч, Р. Н.** Исследование и расчёт магистрального нефтепровода в системе Mathcad // Наука и техника Казахстана. – 2017. – № 3–4. – С. 72–84.

5 **Ахмадуллин, К. Р.** Использование противотурбулентной присадки при транспортировке дизельного топлива по МНПП «Уфа-Западное направление» // К. Р. Ахмадуллин, Р. Х. Хажиев, В. К. Матчин, И. М. Галеев // Транспорт и хранение нефтепродуктов. – 2006. – № 4. – С. 3–7.

6 **Гареев, М. М.** Повышение эффективности магистральных нефтепроводов на основе использования агентов снижения гидравлического сопротивления и

совершенствования системы учета нефти : дис. ... д-ра техн. наук : 25.00.19. – Уфа, 2006. – 348 с.

7 **Лисин, Ю. В.** Разработка инновационных технологий обеспечения надежности магистрального нефтепроводного транспорта : дис. ... д-ра техн. наук : 25.00.19. – Уфа, 2013. – 426 с.

8 **Ryndin, V. V., Abdullina, G. G., Abdullin, A. T.** Analysis of passive methods of protection from corrosion of main oil and gas pipelines // Наука и техника Казахстана. – 2018. – № 2. – С. 91–100.

9 **Лисин, Ю. В.** Химические реагенты в трубопроводном транспорте нефти и нефтепродуктов / Ю. В. Лисин, Б. Н. Мастобаев, А. М. Шаммазов, Э. М. Мовсумзаде. – СПб. : Недра, 2012. – 360 с.

10 Справочный документ по наилучшим доступным технологиям обеспечения энергоэффективности // Режим доступа : [Электронный ресурс]. – [http://nera.biodat.ru/documents/press-room/reference\\_book/best-energy-efficient-technologies.pdf](http://nera.biodat.ru/documents/press-room/reference_book/best-energy-efficient-technologies.pdf).

11 **Мохаммад Насер Хуссейн Аббас.** Улучшение параметров работы нефтепровода путем применения противотурбулентных присадок : дис. ... канд. техн. наук : 25.00.19. – Уфа, 2009. – 129 с.

12 РД-23.040.00-КТН-254-10 Требования и методика применения противотурбулентных присадок при транспортировании нефти и нефтепродуктов по трубопроводам ОАО «АК «Транснефть». – М. : ОАО «АК «Транснефть», 2010. – 47 с.

Материал поступил в редакцию 27.02.19.

### *Дюсенбаев Дияз Каиркенович*

магистрант, Химиялық технологиялар және жаратылыстану факультеті, «Химия және химиялық технологиялар» кафедрасы, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: diaskapvl@bk.ru

### *Несмеянова Римма Михайловна*

х.ғ.к., қауымд. профессор (доцент), Химиялық технологиялар және жаратылыстану факультеті, «Химия және химиялық технологиялар» кафедрасы, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: nesm\_r@mail.ru

Материал баспаға 27.02.19 түсті.

### **Полиоктен негізінде алынған турбуленттілікке қарсы қоспа қолдану**

*Жұмыста полиоктен және дизель отынының негізінде турбулентке қарсы присадка тиімділігін зерттеу нәтижелері ұсынылған. Зерттеу объектісі болып парафиндердің жоғары болуымен (16 %-ға дейін) ерекшеленетін Ақшабулак кен орнының мұнайы табылды, бұл құбыржолдары арқылы тасымалдау кезіндегі маңызды мәселе болып*

табылады. Өзірленген телімдерді енгізу мұнайдың температуралық сипаттамаларын айтарлықтай жақсартатыны анықталды: ағымдылық жоғалту температурасы 21 °C-ден 9 °C-ға дейін өзгереді, яғни депрессия 12 °C құрайды. Сонымен қатар, құбырдағы гидравликалық кедергіні төмендету үшін полиоктен негізіндегі реагенттердің жоғары тиімділігі байқалады: қоспаны қолдану тиімділігі қоспаның концентрациясына байланысты 45–68 %-ға жетеді. Зерттеу нәтижелері полиоктен негізіндегі реагенттің ең оңтайлы концентрациясы 300 ppm болып табылатыны анықталды.

Кілтті сөздер: Құбыр көлігі, мұнай, қоспа, полиоктен, гидравликалық кедергі.

#### **Dyussenbayev Diyaz Kairkenovich**

undergraduate student, Department of «Chemistry and Chemical Technology», Faculty of Chemical Technologies and Natural Sciences, S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: Diaskapvl@bk.ru

#### **Nesmiyanova Rimma Mikhailovna**

c.s.s., associate professor, Department of «Chemistry and Chemical Technology», Faculty of Chemical Technologies and Natural Sciences, S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: nesm\_r@mail.ru

Material received on 27.02.19.

### **The use of antiturbulent additives based on polyoctene**

The paper presents the results of the study of the anti-turbulence additive effectiveness based on polyoctene and diesel fuel. The object of the study was the oil field Akshabulak, characterized by a high content of paraffins (up to 16 %), which is a serious problem in its transport through pipelines. It was found that the input of the developed additives significantly improves the temperature characteristics of the oil: the temperature of the flow loss varies from 21 °C to 9 °C, that is, the depression is 12 °C. Also high efficiency of reagents on the basis of polyoctene for decrease in hydraulic resistance in the pipeline is noted: it is established that efficiency of application of the additive reaches 45–68 % depending on concentration of the additive. Results of researches established that the optimum concentration of the reagent on the basis of polyoctene is 300 ppm.

Keywords: Pipeline transport, oil, additive, polyoctene, hydraulic resistance.

FTAMP 55.13.17

#### **Шеров Карибек Тагаевич**

т.ғ.д., профессор, «Технологиялық жабдықтар, машинажасау және стандарттау» кафедрасы, Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ., 100042, Қазақстан Республикасы, e-mail: shkt1965@mail.ru.

#### **Бузауова Тоты Мейрбековна**

т.ғ.к., аға оқытушы, «Технологиялық жабдықтар, машинажасау және стандарттау» кафедрасы, Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ., 100042, Қазақстан Республикасы, e-mail: toty\_77@mail.ru.

#### **Таттимбек Гүлерке**

магистр, «Технологиялық жабдықтар, машинажасау және стандарттау» кафедрасы, Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ., 100042, Қазақстан Республикасы, e-mail: tattimbekova91@mail.ru.

#### **Альжанова Айжан Газизовна**

магистрант, «Технологиялық жабдықтар, машинажасау және стандарттау» кафедрасы, Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ., 100042, Қазақстан Республикасы, e-mail: lunnaiaduwa@mail.ru.

### **ТІСТІ ДӨҢГЕЛЕКТЕРДІ ДАЙЫНДАУ САПАСЫН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ МӘСЕЛЕЛЕРІ**

Қазақстан Республикасының қазіргі заманғы өндіріс шарттарында тісті дөңгелектерді дайындау сапасын қамтамасыз ету мәселесінің жағдайына талдау жүргізілді.

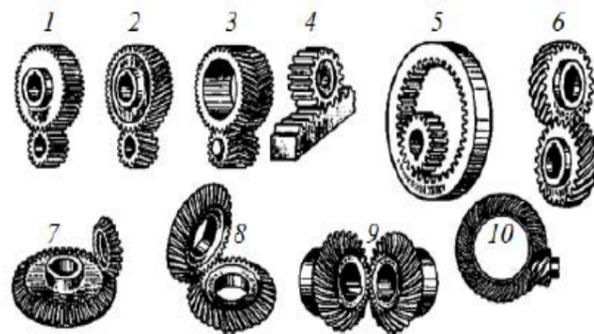
Тісті берілістердің жіктелуі және тісті дөңгелектердің тістерін соңғы өңдеу тәсілдері келтіріледі. Әдеби шолу мен патенттік іздестіру нәтижелері тісті дөңгелектердің тістерін, тісті дөңгелектерді, оның ішінде тік тісті цилиндрлі тісті дөңгелектерді соңғы өңдеудің қалыптасқан әдістері мен тәсілдерінің қазіргі заманауи отандық машина жасау өндірісінің шарттары үшін әрқашан қолайлы емес екенін көрсетті. Олардың негізгі кемшіліктері мыналар болып табылады: төмен дәлдік, аз өнімділігі, құрылымы мен жөндеу күрделілігі, жоғары құны және т. б. Әсіресе, бұл эвольвентті ілгекті цилиндрлі тік тісті дөңгелектердің тістерін таза өңдеу кезінде анықталады.

Аталмыш мәселенің қалыптасқан жағдайы тік тісті цилиндрлік тісті дөңгелектердің тістерін соңғы өңдеуге арналған құрал-сайманның құрылымы мен ресурс үнемдеуші тәсілін әзірлеу қажеттілігін білдіреді.

Кілтті сөздер: тісті берілістер, цилиндрлі тік тісті беріліс, соңғы өңдеу, тісқыру-нығыздау, тістерді бүрлеу, жануыштау, ысқылау, қашау.

КІРІСПЕ

Машинажасау – кез-келген мемлекеттің ғылыми-техникалық дамуын қамтамасыз ететін, өнеркәсіптің алдыңғы қатарлы бір саласы, ол оның өзге салалармен салыстырғанда дамуының ең жоғары үрдістерін алдын ала анықтайды. Технологияның даму деңгейіне бұйымдардың сапасы мен сенімділігі, олардың өзіндік бағасы мен бәсекеге қабілеттілігі тәуелді. Механикалық өңдеу технологияларын әрі қарай жетілдіру ерекше маңызға ие болуда: ол барлық дайындалатын бұйымдардың 80 %-на тиісті, машиналар дайындаудың жалпы еңбексыйымдылығының 40 %-ға дейінгі үлесі оған тиесілі [1]. Заманауи механизмдер мен машиналарды тісті дөңгелектерсіз елестету қиын. Ең көп таралған цилиндрлік, конустық және бұрамдықты берілістер. Цилиндрлі тісті дөңгелектер біліктер арасында айналмалы қозғалысты беру жұмысын атқарады. Оларды тік және қиғаш тістерімен, кей жағдайларда – шевронды тістерімен дайындайды. Цилиндрлі тісті дөңгелектерді келесі негізгі механизмдерде пайдаланады: тракторлардың, комбайндардың және автомобильдердің беріліс қораптарында, редукторларда, білдектердің беріліс механизмдерінде және т. б. Дөңгелектердің құрылымы олардың атқаратын қызметіне тікелей байланысты. 1-суретте тісті берілістердің ең кең қолданылатын түрлері көрсетілген.



1 – цилиндрлік тік тісті беріліс; 2 – цилиндрлік қисық тісті беріліс; 3 – шевронды беріліс; 4 – кескіш беріліс; 5 – ішкі ілгіші бар цилиндрлік беріліс; 6 – бұрандалы беріліс; 7 – конустық тік тісті беріліс; 8 – конустық қисық тісті беріліс; 9 – спираль тәрізді тістері бар конустық беріліс; 10 – гипоидты беріліс  
Сурет 1 – Тісті берілістердің ең кең қолданылатын түрлері

Тісті берілістер бірқатар құрылымдық белгілері мен ерекшеліктері бойынша жіктеледі. 2-суретте тісті берілістердің жіктелуі көрсетілген.



Сурет 2 – Тісті берілістердің жіктелуі

Тісті дөңгелектерге қойылатын талаптар тісті берілістердің атқаратын қызметіне байланысты белгіленеді және дөңгелектердің дәлдік дәрежесімен анықталады. Стандарт цилиндрлік тісті дөңгелектердің 12 дәлдік дәрежелерін (дәлдіктің кему тәртібімен) белгілейді: 1, 2, 3, ..., 12. 1-ші және 2-ші дәрежелі шақтамалар стандартпен қарастырылмайды. Әрбір дәлдік дәрежесі үшін мынадай нормалар бар: бір айналымға тісті дөңгелектердің бұрылу бұрышының толық қателігін анықтайтын дөңгелектің кинематикалық дәлдігі; дөңгелектердің бір айналымы үшін бірнеше рет қайталанатын тісті дөңгелектердің бұрылу бұрышының толық қателігін анықтайтын дөңгелектер жұмысының бірқалыпты болуы; берілісте жанасқан тістердің түйісуі дақтарының салыстырмалы өлшемдерінің ауытқуын анықтайтын, тістердің түйісуі.

Тісті дөңгелектерді дайындау технологиясының терең даму тарихына қарамастан, тісті дөңгелектердің тістерін соңғы өндеуде дайындаудың дәлдігі мен сапасын қамтамасыз ету мәселелері бар. Әсіресе, бұл эвольвентті ілгекті цилиндрлік тік тісті дөңгелектердің тістерін таза өндеу кезінде анықталады.

НЕГІЗГІ БӨЛІМ

Тістерді өндеу ең еңбексыйымды технологиялық үрдіс болып табылады. Оған тісті дөңгелектерді механикалық өндеудің жалпы еңбексыйымдылығының шамамен 50...60 % шығындалады. Тісті өндеу технологиялық үрдісінің келесі дәстүрлі кезектілігі қабылданған: кейінгі соңғы өндеумен тісті жону немесе тісқашау. 3 – суретте тісті дөңгелектерді соңғы өндеу әдістерінің жіктелуі көрсетілген.



Сурет 3 – Тісті дөңгелектерді соңғы өңдеу әдістерінің жіктелуі

Ғылым, техника және технологиялардың қарқынды дамуы заманауи деңгейде технологиялық құрылымның қағида түрінде жаңа проблемаларының туындауына себепші болды. Дайындалатын бұйымдардың саны мен күрделілігі әрдайым көбеюде, ал оларды қолдану шарттары қиындауда. Көп жағдайда тісті дөңгелектерді дайындау сапасын және өңдеу нақтылығын жоғарылату, олардың сенімділігі мен ресурсын арттыруға, жеке бөлшектердің және жалпы машинаның пайдаланушылық сипаттамаларын жақсартуға мүмкіндік береді [2].

Тіс кесу операцияларында қиын қол жеткізілетін тістердің бүйір беттерін өңдеу сапасына айырықша жоғары талаптар қойылады, сол себепті тісті дөңгелектерді өңдеудің технологиялық үрдістері тістерді таза өңдеу операцияларын біріктіреді [3]. Тістерді таза өңдеу операциялары ретінде, әдетте тісқыру, жануыштау мен соңғы механикалық және физико-техникалық өңдеудің өзге әдістері қолданылады [4, 5]. Тісқыру пішін, қадам бағыты мен тәж соғу қателігін төмендетуге, беттің кедір-бұдырлығын  $Ra=0,32$  мкм дейін азайтуға мүмкіндік береді [4]. Тісқыру аяқтаушы өңдеудің ең өнімді және экономикалық тиімді әдісі болып табылады. Бұл әдістің кемшіліктеріне шынықтырылған тісті дөңгелектерді өңдеудің мүмкін еместігін [6], сонымен қатар мұндай құралдарды дайындаудың техникалық қиындықтарын жатқызуға болады. Дайындаманың ақауларын азайту мен бөлшектеп кесу әдібін шешу есебінен өңделетін дөңгелекпен құралдарды полюстен тыс ілініспен, ал пішінді сырғанау есебінен бөлшектеп тегістеу арқылы кедір-бұдырлықты төмендетуге негізделген тісқыру-нығыздау әдісі [7]. «Шаржы» арнайы құралымен дөңгелету арқылы цилиндрлі тісті дөңгелектерді бабына жеткізуде қолданыс табуда [8]. Жүзі бар құралдармен өлшемдік өңдеу бұрамдық жонғыштармен, қашаулармен, тіс кесуші тарақтармен, тісқырғыштар мен 6 дейінгі дәрежелік дәлдік және  $Ra=0,63$  мкм дейінгі кедір-бұдырлықпен домалату кескіштерімен жүзеге асырылады [9]. Ажарлауды тістерді қажағыш

материалдармен тазалық өңдеу әдісіне жатқызады. Өңдеу үрдісін көшіру немесе өртүрлі ажарлау дөңгелектерімен дөңгелету әдісімен жүзеге асырады [10]. Кемшілігі шаржыландырулардың пайда болуы. Тістерді өңдеу үшін тісжануыштау қолданылады, ол жұмыс бетін ысқылау сияқты шаржыландырмайды және домалату, әрлеу мен суперфиниш әдістерімен салыстырғанда материалдың біршама ажырауын қамтамасыз етеді және ажарлауға қарағанда өнімділеу бола алады [11]. Тістерді ысқылауды тістер бетінің кедір-бұдырлық параметрлерін азайту мен бірқалыпты және шусыз берілісті алу мақсатында байланыс дақтарының орналасуын және пішінді азда болсын түзеу үшін қолданылады. Кемшілігі операцияның қиындығы мен еңбек сыйымдылығында. Тісжануыштау мен ысқылаудың өнімділігі төмен және төмен түзету әсеріне ие, ал тістерді ажарлау өте қымбат операция болып табылады.

Электрохимиялық әрлеумен тісті дөңгелектердің ажарланған беттерінің тазалығын 1 санатқа жуық жоғарлатады [12]. Фиништік (соңғы) өңдеудің көптеген біріктірілген әдістері бар: электрохимиялық тісжануыштау, алмаздық электржеліндік химиялық тісжануыштау, ультра дыбыстық тербелістерді қабаттастырумен электрохимиялық өңдеу, тісті дөңгелектерді анодты-механикалық өңдеу және т.б. Фиништік (соңғы) өңдеудің біріктірілген әдістері тиімдірек, себебі өңдеудің бірнеше түрлерінің артықшылықтарын үйлестіре алады [9], алайда қолдану құнының қымбаттылығынан оларды шағын сериялы өндірістер шарттарында пайдалану тиімсіз.

Тула мемлекеттік университетінде цилиндрлі тісті дөңгелектерді өңдеудің тісқыру-нығыздау әдісі құрастырылды [13]. Өңдеу параллельді осьтерді орнатылған өңделіп жатқан дөңгелек және бұрамалы бет бойынша нағыздалған, кесу жиектері бар тісқырғыш-прикатниктің құрамы еркін домалату кезінде жүргізіледі. Бұл кезде тісқырғыш-прикатниктің өңделетін дөңгелекпен ілінісі полюстен тыс орындалады. Тістерді өңдеу әрбір 2–3 жұмыс айналымынан кейін кезендік радиалды беріліспен жүргізіледі, оның құрамына өңделетін дөңгелектің тістер санына тең айналымдар санына тік және теріс бағыттарда тісқырғыш-прикатник бұрылысы және өңделетін дөңгелектің тістер санына тең айналымдар санына тік және теріс бағыттарда тісқырғыш-прикатник бұрылыстары жататын 1-2 айналымдар аралығында радиалды беріліссіз күту енгізілген. Өңдеу кезінде тісқырғыш-прикатник қолданылады, оның тістер саны өңделетін дөңгелектің тістерінің санымен бірден басқа ортақ көбейткіші болмайды [13].

Қарастырылып отырған әдістің негізгі кемшілігі өңделетін дөңгелек тістерінің бүйір бетінің сапасының жеткіліксіздігі. Ол өңдеу тісқыру-домалатудың барлық жұмыс және шығыс циклдерінде қатаң технологиялық жүйе шарттарында белгіленген ось аралық арақашықтықтарда параллельді осьтер кезінде жүргізілуімен түсіндіріледі. Алайда, өңделіп жатқан дөңгелек тістерінің геометриялық ақауларынан тісқыру-домалатудың барлық циклдерінде «құрал-өңделетін дөңгелек» жұбында күштердің айтарлықтай ауытқуы байқалуда. Ол дөңгелек тістерінің өңделетін беттерінің кедір-бұдырлығының, сапасы мен пайдалану сипаттамаларының нашарлауына әкеледі [14].

Сонымен қатар, олармен цилиндрлі тісті дөңгелектерді тісқыру-домалату әдісімен өңдеу құрастырылған [15], оның құрамына бұрама беті мен өңдетелін дөңгелек бойынша жылжытылған, кесу жиектері бар тісқырғыш-прикатник құралын еркін домалату енгізілген, құралдардың өңделетін дөңгелекпен ілінісін полюстен тыс орындайды, ал өңдеуді өңделетін дөңгелектің тістер санына тең айналымдар санына тік және теріс бағыттарда құралдардың бұрылуын қосатын, 2–4 жұмыс айналымынан кейін кезендік радиалдық беріліспен және өңделетін дөңгелектің тістер санына тең айналымдар санына тік және теріс бағыттарда құралдардың бұрылуын қосатын 1–2 айналымдар аралығында радиалды беріліссіз жүргізеді, бұл кезде тістер саны өңделетін дөңгелектің тістерінің санымен бірден басқа ортақ көбейткіші болмайтын құралдарды қолданады, күту циклдерін құралдың өңделетін дайындамаға немесе құрал-өңделетін дөңгелек жұбында ось аралық қашықтық ауытқуын қамтамасыз ететін, серпімді элементтер арқылы өңделетін дайындаманың құралға қысу тұрақты күші кезінде жүзеге асырады.

Әдістің кемшілігі тісқырғыш-прикатникті жөндеудің қиындығында, сонымен қатар тістердің бүйір беттерінің дәлдігі мен сапасының төмендігі.

Тісті дөңгелектерді жылжуды полюстен тыс іліністер орындау арқылы өңделіп жатқан дөңгелектің тістеріне қатысты құралдардың тістерінің сырғанау жылдамдығының әртүрлілігін азайтуға негізделген, иілген кесу жиегі бар тісқырғыштарды қолданумен мәжбүрлі домалатумен тісқыру әдісі белгілі, ал ол үшін тісқырғышты төрткілдегіштің бастапқы контурын жылжытумен дайындайды [16]. Әдістің кемшілігі, үрдістің геометриялық және кинематикалық параметрлерін анықтамайды, ол өңдеудің өнімділігі мен дәлдігіне теріс әсер етеді.

Екі тісқашауыштан тұратын, біріктірілген тісқашауыштарды ең алғаш, Вайбель Фернанд ұсынғаны белгілі [17]. Жоғарғы тісқашауыштың есептік өлшем тістері бар, ал төменгі тісқашауыштардың тістерінің биіктігі мен ені бойынша азайтылған. Біріктірілген тісқашауышты білдекке бекіту кезінде құралдың екі бөлшегінің тістерінің өзара орналасу симетриясы қамтамасыз етіледі. Төменгі тісқашауыш бүтін дайындамада тістердің алдын-ала пішінін қалыптастырады, ал жоғарғысы соңғы пішінді тістерді қалыптастырып шағын әдіпті түсіреді. Біріктірілген тісқашауыш бөлшектерінің төменгі бөлігі тістерінің өлшемдері қиылысатын қабаттың жалпы қалыңдығын қабаттың жұмыс жүрісіне құралдардың барлық бөлшектері арасында бірқалыпты қайта бөлу есебінен азайтылады.

Құрылымның және өндіріске кеңінен енгізу үшін бөгет болатын жөндеу күрделілігі оның кемшілігі болып табылады. Германияда [18] сырғақтың жүріс бағытына тісқашауыштың иіліп орналасқан осымен арнайы білдектерінде цилиндрлік тісқашауыштармен екі дөңгелектерді бір уақытта қию әдісі ұсынылған. Тісқашауыш цилиндрлі тік тісті дөңгелек. Тік жүріс кезінде бір, ал теріс жүрісінде өзге дөңгелек өңделеді. Оның кемшілігі, әдістің жоғары бағасында, осыған байланысты оны шағын сериялы өндіріс шарттарында пайдалану негізсіз. Сатылы деп аталатын кейбір біріктірілген тісқашауыштардың құрылымдары Тула политехникалық институтында С. С. Петрухиннің жетекшілік етуімен зерттелді [19].

Төменгі және сатыаралық тістердің түрөзгертуінің негізіне барлық деңгейлеріндегі кесу күшінің тендігі салынған. Тісқашауыштың бір жүрісінде жалпы кесілетін қабаты тісқашауыштарының әр сатысындағы тістер арасындағы қалыңдық бойынша қайта бөлінеді. С. С. Петрухин алғашқы деңгей пішінінің ең тиімді нұсқасы ретінде тістер пішінінің бастиекке қарай бірқалыпты тартылуын санайды. Төменгі тісқашауыштың тістері биіктігі бойынша үстіңгі тістерге қатысты дөңгелету берілісінің шамасынан 1/3 азайтылады. Бұған пішін бұрышын  $\alpha = 20^\circ 45'$  ( $\alpha = 20^\circ$  тісқашауыштар үшін) қамтамасыз ету арқылы пішін және сыртқы конусты беті бойынша төменгі тісқашауышты қайта тегістеу арқылы қол жеткізіледі. Тісқашауыштарды бір біріне қатысты бағыттау кілтек ойық пен кілтек көмегімен жүзеге асырылады. Тісқашағыштарды білдекке бекіту кезінде тіс арасында кесілетін дөңгелек қалыңдығынан 1...3 мм артық қашықтық сақталады. Бұл кесу күшін екі есе төмендетеді, ол дөңгелектерді кесу өтімділігі немесе дөңгелек берілісті біршама арттыру есебінен өнімділікті арттырады.

Кемшілігі сатылы тісқашауыштарды біріктірудің қиындығында, ол пішіні бойынша төменгі тісқашағышты қайта тегістеуде және тісқашағыштарда кілтек ойықтарды дәлдікпен орындауға тұжырымдалады. Бұл кемшіліктер өндіріске тісқашағыштарды енгізбеді тежеп тұрған негізгі факторлары. Біріктірілген тісқашағыштардың жалпы кемшіліктеріне өнімділігі бойынша салыстырмалы шағын нәтижесін; сатылы тіс қашағыштардың төменгі саты тістерінің пішінін қайта тегістеу қажеттілігін және бағыттау үшін тісқашағыштарда кілтек ойықтарының технологиялық еместігіне тұжырымдалатын біріктірудің қиындығын; ашық әдіспен тісті қашау кезінде төменгі тісқашағыштың асқынөту шамасы кесілетін дөңгелектің тәжісінің енінен артық болуын жатқызуға болады.

Бос жүріс кезінде төменгі тісқашағыштың тістері, үздіксіз домалатуда өңделген бетпен жанасу мүмкіндігіне себептеседі, ол тісқашағыштардың тозуын арттырады. Соңғы жылдары, тістерді салқын және ыстық күйде домалату әдісіне көп көңіл бөлінуде. Ыстықтай домалату үрдісі орта және ірі модульді тісті дөңгелектер үшін қолданылады және алдын-ала ойымдарды кесуді алмастырады, содан-соң отқабыршықтану мен жоғары босатудан тазалау жүргізіледі [20].

Домалатудан кейін жонумен өңдеу қажет. Бұл әдістің кемшіліктері: тісті дөңгелектерді салқын күйде жоғары иімді материалдардан ғана алуға болатындығы, домалату алдында дайындама толық күйдіру режимінде термиялық өңдеуден өтуі қажет. Шағын сериялы өндірісте қайта жөндеу жұмыстарына уақыттың көп жұмсалыуына байланысты, бұл әдіс кең қолданыс таппады. Қазіргі таңда күрделі құрама пішінді ірі емес бұйымдарды дайындау үшін ұнтақтық металлургия әдісі қолданылады. Материал ретінде хром, никель, молибден және т.б. элементтермен легірілген ұнтақтар қосылған, темір ұнтақтары қолданылады. Ұнтақ қосындысы жабық қалыпта салқын күйінде нығыздалады, содан соң негізгі материалдың балку температурасында пеште күйдіріледі. Кезекті 800...1000 °С температураға дейінгі қыздырудан соң қалыптасқан дайындама жабық қалыпта ыстық нығыздалуға ұшыратылады. Суыту қорғаныш газда жүргізіледі. Тағайындалу қажеттілігіне қарай тісті дөңгелектер қосымша

механикалық және термиялық өңдеуге ұшыратылады. Кемшілігі қажетті жабдықтарды дайындаудың қиындығы және қымбаттылығы. Сол себепті бұл әдіс шағын сериялы өндіріс шарттарында қолданыс тапқан жоқ.

#### ҚОРЫТЫНДЫ

1 Әдеби шолу және патенттік іздеу нәтижелері, тісті дөңгелектердің тістерін, оның ішінде тік тісті цилиндрлік тісті дөңгелектерді соңғы өңдеудің қолданыстағы әдістері мен тәсілдері заманауи отандық машинажасау өндірістері үшін әр кезде келе бермейді.

2 Олардың негізгі кемшіліктері: нақтылығының төмендігі, аз өнімділігі, құрылымдардың және жөндеудің күрделілігі, бағасының қымбаттылығы және т.б. Машинажасау саласының отандық кәсіпорындарында өткізілген зерттеулер, тісті дөңгелектердің тістерін соңғы өңдеу үшін технологиялық жабдықтарды, оның ішінде тістерді қашау мен тістерді қыру білдектерінің жетіспеушілігін анықтады.

3 Анықталған мәселелер түрлі тістер саны мен түрлі модульді тісті дөңгелектерді өңдеу кезінде тісті ажарлау білдектерін жөндеу жұмыстарының еңбек сыйымдылығымен байланысты. Бұл өңделетін тісті дөңгелектердің көп номенклатурасымен және отандық машина жасау өндірісі үшін тән олардың санына қатысты аз болуы мәселені одан әрі қиындатуда. Туындаған мәселе тік тісті цилиндрлік тісті дөңгелектерді фиништік (соңғы) өңдеу үшін ресурстарды үнемдейтін әдістер және құралдардың құрылымын құрастыру қажеттілігін қалыптастыруда.

4 Жоғарыда аталған мәселелерді шешу үшін келесі тапсырмаларды шешу қажет: домалату құралдарымен тісті дөңгелектерді өңдеудің жаңа технологиясын құрастыру және стандарттарға нормаланған тісті дөңгелектердің қателігінің параметрлерін анықтау; тіс өңдеу қателіктері мен дәлдік параметрлерінің көздері арасындағы өзара байланысты орнату; тік тісті цилиндрлік тісті дөңгелектерді фиништік (соңғы) өңдеу үшін жаңа домалату құралдарының құрылымын құрастыру; басым технологиялық факторларды өзгерту шамасы мен сипатын меңгеру және іздеу жолымен, тісті өңдеудің дәлдігін жоғарылату негіздері; тік тісті цилиндрлік тісті дөңгелектердің тістерін түрлі материалдармен дайындалған тіскырғыш-прикатниктерді қолданумен домалату әдісімен өңдеудің тәжірибелік зерттеуі; «тіскырғыш-прикатник» домалату құралымен өңдеу кезінде тіс пішінінің жұмыс беттерінің микро қаттылығын және жоңқа қалыптасу үрдісін зерттеу; тік тісті цилиндрлік тісті дөңгелектерді домалату құралымен өңдеудің жаңа әдісінің технологиялық жабдықталуын қамтамасыз ету.

#### ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Голиков, В. И.** Технология изготовления точных цилиндрических зубчатых колёс / В. И. Голиков. – М. : Машиностроение, 1998. – 160 с.

2 **Талантов, Н. В.** Физические основы процесса резания : уч. пос. – Волгоград : Издательство ВПИ, 1988. – 129 с.

3 **Маликов, А. А.** Основы высокоэффективной технологии изготовления цилиндрических зубчатых колес : дис. д-ра техн. наук : 05.02.08 / Маликов Андрей Андреевич. – Тула, 2009. – 443 с.

4 **Клепиков, В. В., Бодров, А. Н.** Технология машиностроения: Учебник. – М. : Форум : Инфра-М. 2004. – 860 с.

5 **Евтушенко, Т. Л., Ыксан, Ж. М., Шумейко, И. А.** Анализ формирования радиального биения зубчатого венца // Наука и техника Казахстана. – 2017. – № 3–4. – С. 19–25.

6 **Калашников, А. С.** Современные методы чистовой обработки зубьев цилиндрических колес. Металлообработка // Оборудование и инструмент для профессионалов. – 2009. – № 6. – С. 38–42.

7 **Маликов, А. А., Ямников, А. С.** Прогрессивные способы чистовой обработки эвольвентной поверхности цилиндрических колес // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2013. – № 8. – С. 37–47.

8 **Валиков, Е. Н., Тимофеев, Ю. С., Журина, А. С.** Инструмент для финишной отделки зубчатых колес // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2013. – № 8. – С. 254–259.

9 **Белякова, В. А.** Комбинированная чистовая обработка цилиндрических зубчатых колес : дис. канд. техн. наук : 05.03.01 / Белякова Валентина Александровна. – Тула, 2006. – 213 с.

10 **Секлетина, Л. С., Медведева, О. И., Гартфельдер, В. А., Янюшкин, А. Р.** Формирование поверхностных пленок при шлифовании твердых сплавов кругами на токопроводящих связках // Наука и техника Казахстана. – 2018. – № 3 – С. 96–106.

11 **Спирин, В. А., Силукова, Ю. А., Селянинов, Ю. А., Титова, Л. С.** Теплодинамическая оценка параметров глобоидного зубохонингования сложнопрофильных деталей // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение. – Т. 13. – № 1. – С. 94–105.

12 **Татаринов, И. В.** Механоэлектрохимическая обработка упрочненных зубчатых колес : дис. канд. техн. наук : 05.02.07 / Татаринов Игорь Владимирович. – Тула, 2010. – 132 с.

13 Пат. 2224624 РФ, МПК7 В 23F 19/06. Способ шевингования прикатывания цилиндрических зубчатых колес / Карпухин В. П., Ямников А. С., Валиков Е. Н. Оpubл. 27.02.2004. – Бюл. № 6. – 6 с.

14 **Маликов, А. А., Сидоркин, А. В.** Шевингование-прикатывание цилиндрических колес с круговыми зубьями // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2008. – Вып. 2. – С. 69–76.

15 **Маликов, А. А., Сидоркин, А. В., Ямников, А. С.** Инновационные технологии обработки зубьев цилиндрических колес : монография. – Тула : Изд-во ТулГУ, – 2011. – 336 с. А.с. СССР №963747, В23F 21/28, 1982.

16 **Павлов, Л. Е.** Современные конструкции зубообрабатывающего инструмента / Л. Е. Павлов, Ю. В. Цвис. – М. : Машиностроение, 1972. – 40 с.

17 **Hammand, Y. C.** Analysis of stresses and deflection of san gear by theoretical and ANSYS method /Y. C. Hammand, V. Kalamkar // Modern Mechanical Engineering, 2011. – V.1 – P.981–988.

18 **Петрухин, С. С.** Износ зуборезных долбяков, работающих при различных схемах резания /С. С. Петрухин, В. А. Евдокимов, А. С. Тарапанов // Исследования в области совершенствования методов механической обработки и сборки. Труды преподавателей и слушателей ТульГУ, 1974. – Вып. 26. – С. 79–86.

19 **Тимофеев, Б. П.** Состояние и перспективы нормирования точности зубчатых колес и передач / Б. П. Тимофеев, Е. В. Шалобаев // Вестник машиностроения. – 1990. – Вып. 12. – С. 34–36.

Материал баспаға 27.02.19 түсті.

#### **Шеров Карибек Тагаевич**

д.т.н., профессор, кафедра «Технологическое оборудование, машиностроение и стандартизация», Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100042, Республика Казахстан, e-mail: shkt1965@mail.ru.

#### **Бузауова Тоты Мейрбековна**

к.т.н., ст. преподаватель, кафедра «Технологическое оборудование, машиностроение и стандартизация», Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100042, Республика Казахстан, e-mail: toty\_77@mail.ru.

#### **Таттимбек Гүлерке**

магистр, кафедра «Технологическое оборудование, машиностроение и стандартизация», Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100042, Республика Казахстан, e-mail: tattimbekova91@mail.ru.

#### **Альжанова Айжан Газизовна**

магистрант, кафедра «Технологическое оборудование, машиностроение и стандартизация», Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100042, Республика Казахстан, e-mail: lunnaiaduwa@mail.ru.

Материал поступил в редакцию 27.02.19.

### **Проблемы обеспечения качества изготовления зубчатых колес**

*Выполнен анализ состояния вопроса обеспечения качества изготовления зубчатых колес в условиях современного производства Республики Казахстан. Приводится классификация зубчатых передач и способов финишной обработки зубьев зубчатых*

*колес. Результаты литературного обзора и патентного поиска показали, что существующие методы и способы финишной обработки зубьев зубчатых колес, в частности прямозубых цилиндрических зубчатых колес не всегда приемлемы для условий современных отечественных машиностроительных производств. Основными недостатками их являются: низкая точность, малопродуктивность, сложность конструкции и наладка, высокая стоимость и т.д. Особенно это выявляется при чистовой обработке зубьев цилиндрических прямозубых зубчатых колес с эвольвентным зацеплением. Сложившееся состояние вопроса диктует необходимость разработки ресурсосберегающего способа и конструкции инструмента для финишной обработки зубьев прямозубых цилиндрических зубчатых колес.*

*Ключевые слова: Зубчатые передачи, цилиндрическая прямозубая передача, финишная обработка, шевингования-прикатывания, накатывания зубьев, зубохоингование, притирка, долбяк.*

#### **Sherov Karibek Tagayevich**

Doctor of Technical Sciences, professor, Department of «Technological Equipment, Engineering and Standardization», Karaganda State Technical University, Karaganda, 100042, Republic of Kazakhstan, e-mail: shkt1965@mail.ru.

#### **Buzauova Toty Meirbekovna**

PhD, senior lecturer, Department of «Technological Equipment, Engineering and Standardization», Karaganda State Technical University, Karaganda, 100042, Republic of Kazakhstan, e-mail: toty\_77@mail.ru.

#### **Tattimbek Gulerke**

undergraduate student, Department «Technological Equipment, engineering and Standardization», Karaganda State Technical University, Karaganda, 100042, Republic of Kazakhstan, e-mail: tattimbekova91@mail.ru.

#### **Alzhanova Aizhan Gazizovna**

undergraduate student, Department of «Technological Equipment, Engineering and Standardization», Karaganda State Technical University, Karaganda, 100042, Republic of Kazakhstan, e-mail: lunnaiaduwa@mail.ru.

### **Problems of ensuring the quality of manufacturing the gear wheels**

*The analysis of the question of ensuring the quality of manufacturing gears in the modern production of the Republic of Kazakhstan. The classification of gears and methods of finishing the teeth of gears are given. The results of the literature review and patent search showed that the existing methods and techniques methods for finishing the teeth of gear wheels, in particular spur gears, are not always acceptable for the conditions of modern domestic machine-building industries. Their main disadvantages are: low accuracy, low productivity, complexity of design and commissioning, high cost, etc. This is especially evident when finishing the teeth of cylindrical spur gears with involute gearing. The current state of the issue dictates the need to develop a resource-saving method and design of the tool for finishing the teeth of spur gears.*

*Keywords: Gears, cylindrical spur gear, finishing, sheaving-rolling, rolling teeth, tooththing, grinding, shaping cutter.*

**Сарсенбай Айдын Сарсенбаевич**

магистр, «Архитектурно-строительный факультет»,  
кафедра «Архитектура и дизайн», Павлодарский государственный  
университет имени С. Торайгырова,  
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан,  
e-mail: aidyn\_3@mail.ru.

**Станевич Виктор Тадеушевич**

к.т.н., доцент, «Архитектурно-строительный факультет»,  
кафедра «Архитектура и дизайн», Павлодарский государственный  
университет имени С. Торайгырова,  
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан,  
e-mail: svt\_18@mail.ru.

**Кудрышова Баян Чакеновна**

ассоц. профессор, доцент, «Архитектурно-строительный факультет»,  
кафедра «Архитектура и дизайн», Павлодарский государственный  
университет имени С. Торайгырова,  
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан,  
e-mail: bkudryshova@mail.ru.

**Капустин Алексей Петрович**

ассоц. профессор, доцент, «Архитектурно-строительный факультет»,  
кафедра «Архитектура и дизайн», Павлодарский государственный  
университет имени С. Торайгырова,  
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан,  
e-mail: ap\_effekt@mail.ru.

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АРБОЛИТОВЫХ  
КОМПОЗИЦИЙ КОМПЛЕКСНЫМИ ДОБАВКАМИ**

*В данной работе рассматриваются физико-механические свойства древесно-цементных композиций. В статье также представлены арболитовые композиционные материалы, смесь органического наполнителя, цементного связующего и добавок, для улучшения конкретных свойств материала. Данный композит относится к лёгким бетонам. В качестве органического наполнителя используются щепки и опилки.*

*Было определено, что при использовании комплексных добавок и суперпластификатора, увеличивается скорость твердения композитной смеси и конечная её прочность, вследствие чего расширяется спектр использования материала в строительстве.*

*Таким образом, воздействие щелочи при долговременном её взаимодействии на древесину производит выщелачивание древесины и её разложение.*

*При применении комплексных добавок с суперпластификатором цементный камень наиболее уплотнён, содержит наименьшее число не прореагировавших цементных ядер и трещин. При этом процесс твердения древесно-цементных композитов протекает наиболее устойчиво.*

*Ключевые слова: арболит, древесно-цементный композит, добавки, прочность, хлорид кальция, суперпластификатор.*

## ВВЕДЕНИЕ

Необходимость в высококачественном, недорогом, быстровозводимом и долговечном жилье существовала уже давно, и так будет до тех пор, пока существует человечество. В последнее время, к отмеченным ранее свойствам здания все больше прибавляются такие, как экологичность, воздухопроницаемость, энергоэффективность. Невзирая на множество различных стандартных решений, и разнообразие строительных материалов, подбор наилучшего материала до сих пор остаётся проблемой. Всем этим качествам соответствуют древесно-цементные композиты, одним из которых является арболит [1–4].

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Древесно-цементные композиционные материалы представляют собой смесь органического наполнителя, цементного связующего и добавок, вводимых для улучшения определённых свойств материала. Такого рода композит относится к лёгким бетонам. В качестве органического наполнителя используются отходы деревообработки (щепки и опилки). Однако с течением времени характеристики наполнителя изменяются, что влияет на прочность материала.

Социально-экономическое развитие, стимулированное ростом численности населения планеты, сопровождается обострением негативных проблем, лежащих в сфере экологии и безопасности жизнедеятельности. Наибольшую остроту приобретают загрязнения и захоронения твёрдых промышленных и бытовых отходов. Необходимость выполнения требований санитарных норм и норм пожарной безопасности обусловило появление компаний по рециклингу твёрдых промышленных и бытовых отходов. Однако данный тип отходов можно использовать в производстве строительных материалов, путём введения их в структуру в качестве вторичного сырья. Вместе с тем рециклинг твёрдых промышленных и бытовых отходов в широких промышленных масштабах остаётся не реализованным, что связано, в том числе, с недостаточной эффективностью известных технических решений [5, 6].

Невзирая на довольно неплохие характеристики, необходимо увеличение прочности арболита, с целью наиболее надёжного использования, расширения возможности его применения и ускорения твердения композитной смеси.

Прочность арболита зависит от сырьевых материалов – древесной щепы и портландцемента. При реагировании древесных волокон с цементным веществом полисахара мешают набору прочности. Для этого применяется лес хвойных пород, однако этого мало.

Анализ литературных источников по теме исследования выявил основные направления применения топливных зол и шлаков, а также отвального бокситового шлама в производстве строительных изделий. В основном в качестве вяжущих материалов, в качестве активной добавки при производстве портландцемента, в качестве крупного и мелкого наполнителей для лёгких деревобетонов [7–10].

Непрерывный рост объёмов металлургического производства влечёт увеличение техногенного воздействия на окружающую среду в виде

накапливающихся отходов производства. Это делает актуальной проблему утилизации отходов путём их переработки с доизвлечением содержащихся полезных компонентов.

В Павлодарском регионе одним из видов таких отходов являются шламы глинозёмного производства.

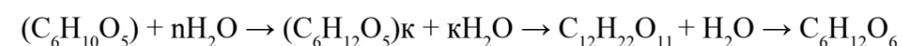
При производстве алюминия в качестве основного сырья используется боксит, в результате этого в больших количествах образуются отходы в виде водных суспензий дисперсных частиц – шламы. На одну тонну глинозёма получают около четырёх тонн шлама. Характерная особенность бокситовых шламов – это высокое содержание оксидов железа и алюминия.

Для производства строительных материалов промышленное значение имеют нефелиновые, бокситовые, сульфатные, белые и монокальциевые шламы. На алюминиевом заводе используется боксит, соответственно отходом является красный бокситовый шлам [11–12].

Для повышения прочности в технологический процесс приготовления смеси необходимо ввести в качестве добавок хлорид кальция и суперпластификатор С-3.

Древесина и цемент антагонистичны. Более агрессивной для древесины считается хлорид кальция. Было определено, что воздействие щелочи при долговременном её взаимодействии на древесину производит выщелачивание древесины её разложение (утрата массы древесины может достигать до 6 %).

Под воздействием щелочной жидкой фазы цемента в древесине распадаются и растворяются определённые элементы, в том числе образующие гемицеллюлозу полисахара.



При применении хлорида кальция с суперпластификатором С-3 цементный камень наиболее уплотнён, содержит наименьшее число непрореагировавших цементных ядер и трещин. Подобным способом, кинетика твердения древесно-цементных композитов протекает наиболее устойчиво. Благодаря активации часть физических связей древесины с вяжущим сменяется на химическую, а структура контакта меньше подвергается трещинообразованию. В результате разбора прочностных данных в различные стадии твердения определено, что в концепции с хлоридом кальция + суперпластификатор С-3 прочность материала на сжатие в 2 раза выше, нежели в древесно-цементных композициях с классическим минерализатором – хлоридом кальция + жидкое стекло.

Таким образом, при использовании комплексных добавок хлорида кальция с суперпластификатором С-3, увеличивается скорость твердения композитной смеси и конечная её прочность, вследствие чего расширяется спектр использования материала в строительстве [13–17].

Классификация изделий из арболита по ГОСТ 19222-84 приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Классификация изделий из арболита по ГОСТ 19222-84

Вид арболита	Класс по прочности на сжатие	Марка прочности при осевом сжатии	Средняя плотность, кг/куб.м, арболита на			
			Измельченной древесины	Кострельна или дробленых стеблях хлопчатника	Костре конопли	Дробленой рисовой соломе
Теплоизоляционный	B0,35	M5	400–500	400–500	400–500	500
	B0,75	M10	450–500	450–500	450–500	–
	B1,0	M15	500	500	500	–
Конструкционный	B1,5	–	500–650	550–650	550–650	600–700
	B2,0	M25	500–700	600–700	600–700	–
	B2,5	M35	600–750	700–800	–	–
	B3,5	M50	700–850	–	–	–

В зависимости от марки арболита можно возводить двух-, трёхэтажные жилые здания, а также производственные, сельскохозяйственные, складские помещения, гаражи, бани, подсобные помещения, заборы.

Анализ программно-целевых документов поддержки строительства малоэтажного жилья позволяет выделить в качестве основной отечественной программной цели направление по увеличению объёмов строительства доступного малоэтажного жилья эконом класса (60 % от общего объёма вводимого жилья), отвечающего требованиям эффективности и экологичности. Данный государственный приоритет обеспечивается, в частности, решением задачи модернизации и обновления оборудования, повышения эффективности технологий малоэтажного жилищного строительства и производства строительных материалов.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, применение в строительстве древесно-цементных материалов упростит монтаж конструкции за счёт лёгкости блоков и простоте соединения их между собой, ускорит процесс строительства, уменьшит стоимость возведения конструкции за счёт отсутствия вяжущего и сохранит свои теплоизоляционные свойства. Применение арболита в строительстве экономически выгодно, технологически оправдано и целесообразно.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Ламов, И. В. Применение арболитовых блоков в малоэтажных жилых и производственных зданиях и сооружениях [Текст] // Научные исследования: от теории к практике : Материалы V Международной научно-практической

конференции (Чебоксары, 6 ноября 2015 г.). В 2 т. – Т. 2 / Редкол : Широков О. Н. [и др.]. – Чебоксары : ЦНС «Интерактив плюс». – 2015. – № 4 (5). – 47–50 с.

2 **Гончарова, А. М., Чернышев, А. М.** Формирование систем твердения композитов на основе техногенного сырья [Текст] // Строительные материалы : 2013. – № 5. – 60–63 с.

3 **Наназашвили, И. Х., Бунькин, И. Ф., Наназашвили, В. И.** Строительные материалы и изделия [Текст]. – М. : Справочное пособие. Аделант, 2008. – 38 с.

4 **Наназашвили, И. Х.** Производство арболита – эффективный способ утилизации древесных отходов [Текст]. – М. : Стройиндустрия. – 1992. – 248 с.

5 **Кудрышова, Б. Ч., Станевич, В. Т.** Производство строительных материалов на основе промышленных отходов как экологическая доминанта развития современной экономики // Наука и техника Казахстана. – 2014. – № 1–2. – С. 65–68.

6 **Журавлев, В. Ф., Штейерт, Н. П.** Сцепление цементного камня с различными материалами [Текст]. – М. : Цемент. – 1992. – 218 с.

7 **Бухаркин, В. И., Свиридов, С. Г., Рюмина, З. П.** Производство арболита в промышленности [Текст]. – М. : 1999. – 74 с.

8 **Акчабаев, А. А.** Исследования влияния некоторых технологических факторов на интенсификацию твердение арболита [Текст] : Автореф. диссерт. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. – М. : 1997. – 78 с.

9 **Иванов, И. А., Волженский, А. В., Виноградов, Б. Н.** Применение зол и шлаков в производстве строительных материалов [Текст]. – М. : Стройиздательство, 1994. – 246 с.

10 **Оболенская, А. Б., Щеглов, В. П.** Химия древесины и полимеров [Текст]. – М., 1990. – 69 с.

11 **Арынгазин, К. Ш., Ларичкин, В. В., Алдунгарова, А. К., Свицерский, А. К., Быков, П. О., Богомолов, А. В., Глеулесов, 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.

12 **Арынгазин, К. Ш., Алдунгарова, А. К., Глеулесов, А. К., Быков, П. О., Богомолов, А. В., Ларичкин, В. В., Ахымбеков, А. А.** Использование техногенных отходов в производстве строительных материалов // Строительство : новые технологии – новое оборудование. – 2018. – № 12. – С. 62–67.

13 **Бабушкина, М. И.** Новые строительные материалы из местного сырья [Текст]. – Кишинев : 1993. – 152 с.

14 **Иванов, Ю. М., Баженов, В. А.** Исследование физических свойств древесины [Текст]. – М. : 1989. – 109 с.

15 **Баженов, Ю. М.** Технология бетона [Текст]. – М. : 1998. – 83 с.

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

17 **Комар, А. Г.** Строительные материалы и изделия [Текст]. – М., 1996. – 97 с.

Материал поступил в редакцию 27.02.19.

**Сарсенбай Айдын Сарсенбаевич**

Сәулет-құрылыс факультеті, «Сәулет және дизайн» кафедрасы, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: aidyn\_3@mail.ru.

**Станевич Виктор Тадеушевич**

Сәулет-құрылыс факультеті, «Сәулет және дизайн» кафедрасы, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: svt\_18@mail.ru.

**Кудрышова Баян Чакеновна**

Сәулет-құрылыс факультеті, «Сәулет және дизайн» кафедрасы, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: bkudryshova@mail.ru.

**Капустин Алексей Петрович**

Сәулет-құрылыс факультеті, «Сәулет және дизайн» кафедрасы, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: ap\_effekt@mail.ru.

Материал баспаға 27.02.19 түсті.

#### Комплекстік қоспалар арқылы арболитті композициялардың тиімділігін арттыру

*Бұл жұмыста ағаш-цемент композицияларының физика-механикалық қасиеттері талқыланды. Сондай-ақ, мақалада композитті арболит материалдары, органикалық толтырғыш қоспасы, цемент құрамын байланыстырғыш және арнайы материалдардың қасиетін жақсартуға арналған қоспалар көрсетілген. Бұл композит жеңіл бетондарға жатады. Органикалық толтырғыштар ретінде ағаш үгінділері қолданылды.*

*Комплексті қоспалар мен суперпластификаторды қолдану арқылы композициялық қоспаның қату жылдамдығы жоғары және соңғы беріктілігінің артуына байланысты құрылыста осы материалды қолдану спектрі кеңейтілген.*

*Осылайша, сілтінің ұзақ уақыт бойы ағашпен өзара әрекеттесуінің әсерінен ағаштың шаймалауына және оның ыдырауына ықпал етеді.*

*Суперпластификатор мен комплексті қоспаларды қолдану барысында цемент тасы тығыздалған, реакцияға ұшырамаған цемент ерітінділерінің және жарықтарының ең төменгі санын құрайды. Сонымен қатар, ағаш цемент композиттерінің қатаю үрдісі барында тұрақты түрде жалғасады.*

*Кілтті сөздер: арболит, ағаш-цементті композит, қоспалар, беріктік, кальций хлориді, суперпластификатор.*

**Sarsenbay Aidyn Sarsenbaevich**

Department of «Architecture and Design», Faculty of Architecture and Construction,  
S. Toraighyrov Pavlodar State University,  
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan,  
e-mail: aidyn\_3@mail.ru.

**Stanevich Victor Tadeushevich**

Department of «Architecture and Design», Faculty of Architecture and Construction,  
S. Toraighyrov Pavlodar State University,  
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan,  
e-mail: svt\_18@mail.ru.

**Kudryshova Bayan Chakenovna**

Department of «Architecture and Design»,  
Faculty of Architecture and Construction,  
S. Toraighyrov Pavlodar State University,  
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan,  
e-mail: bkudryshova@mail.ru.

**Kapustin Alexey Petrovich**

Department of «Architecture and Design»,  
Faculty of Architecture and Construction,  
S. Toraighyrov Pavlodar State University,  
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan,  
e-mail: ap\_effekt@mail.ru.

Material received on 27.02.19.

### Improving the efficiency of wood concrete compositions of complex additives

*This paper discusses the physical and mechanical properties of wood-cement compositions. The article also presents arbolite composite materials, a mixture of organic filler, cement binder and additives to improve the specific properties of the material. This composite refers to lightweight concrete. Chips and sawdust are used as organic aggregates.*

*It was determined that the use of complex additives and superplasticizer increases the rate of hardening of the composite mixture and its final strength, thereby expanding the range of use of the material in construction.*

*Thus, the effects of alkali for long-term and its interaction on the wood, produces a leaching of the wood and its decomposition.*

*In the application of complex additives superplasticizer with cement stone of the most compact, and contains the smallest number of non-reacted cement cores and cracks. At the same time, the process of hardening of wood-cement composites proceeds most steadily.*

*Keywords: wood concrete, wood-cement composite, additives, strength, calcium chloride, superplasticizer.*

SRSTI 67.21.17

**Zhukenova Gyulnara Abaevna**

PhD, associate professor, Department of «Industrial, Civil and Transport Construction»,  
S. Toraighyrov Pavlodar State University,  
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan,  
e-mail: gulnara-home@mail.ru.

**Kenzhebek Nurdaulet KENZHEBEKULY**

undergraduate student, S. Toraighyrov Pavlodar State University,  
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan,  
e-mail: zhanat.kamshibai@mail.ru.

**Baymagambetov Rustem Kazymbekovich**

undergraduate student, S. Toraighyrov Pavlodar State University,  
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan,  
e-mail: rust.117@mail.ru.

**Bayzhanov Daniyar Sanatkanovich**

undergraduate student, S. Toraighyrov Pavlodar State University,  
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan,  
e-mail: danik.616@mail.ru.

### TWO-DIMENSIONAL MODELING OF THE INTERACTION OF FOUNDATION MODELS WITH A SOIL BASE

*Currently, numerical modeling is an important and rapidly developing method of studying the deformation processes in soils. The rapid growth of computing possibilities contributes to the development of this direction of research. Improved existing and developed new calculation algorithms and approaches to solving problems. Some of the approaches developed decades ago, have experienced a weakening of interest and reducing the scope of and now again are widely used. This is due to new computing possibilities, new approaches and statements of problems and class extension of the investigated phenomena.*

*Main objective of studying of physical process is creation of models by means of which it can be described. The successful solution of such task means an opportunity to explain the occurring phenomena, and also to predict development of process at change of any factor. Depending on the required accuracy in model a certain complex of the phenomena which need to be taken into account is considered.*

*Keywords: numerical modeling, foundation, finite element method, deformation of a soil base, loading conditions.*

### INTRODUCTION

The first and main task of a research is the correct formulation of a task. Formulation of a problem assumes detailed definition of an object of a research. For this purpose it is necessary to define accurately the phenomena and processes which it is supposed to investigate and define the corresponding properties of the environment by means of which they can be described. Besides it is necessary to define geometry of an object and its structure, conditions in which it is and also conditions of loading and duration of the studied process. From that how successful the formulation of a task is, success of her decision depends.

The next step is the choice of a model and determining its parameters. The more complex the model, the more parameters that need to know, i.e. to determine experimentally. The behavior model of the environment is based on the generalization and interpretation of experimental data.

Numerical modeling based on the finite element method, allows to accurately and quickly producing of analytical calculations and forecasting of various geotechnical problems. To study working models of the foundations, it was decided to examine and compare the work of each type of foundation under the influence of horizontal and stepped deformations.

### MAIN PART

Modeling the influence of horizontal and stepped deformations on the work of model of single pile was performed on the conditions of plane problem of two-dimensional model. The dimensions of the geometric model were adopted from the condition that the distribution of horizontal and stepped deformations will be negligible outside of the predetermined zone.

Fig. 1 shows the general geometric model of single pile in soil basis for numerical modeling and set it horizontal and stepped deformations.

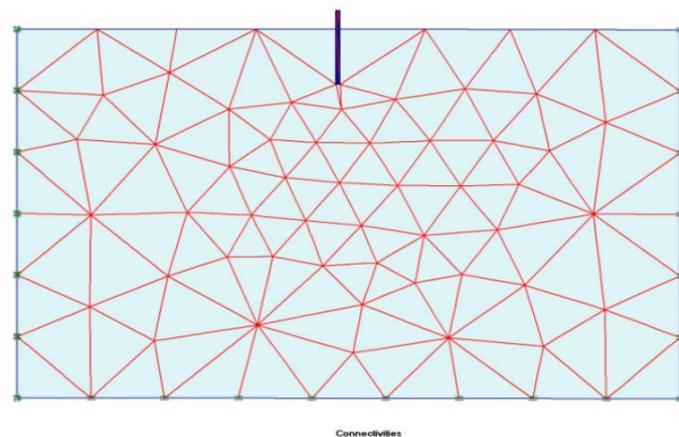


Figure 1 – General geometrical model of single pile on the soil base

For setting of the standard boundary conditions create in the basis of the model the partial fixation and in the right vertical boundary – sliding fixing. Fixing (Fig. 2) in a certain direction will be presented in two parallel lines perpendicular to this direction. Thus, the sliding movable support will look like two vertical parallel lines and the solid fixing – by hatching.

For choice of boundary conditions there are two types: prescribed displacements and loads. In every direction all boundaries must have one boundary condition. In other words, if a certain free boundary is not set to the appropriate boundary condition, respectively, are applied to natural conditions (prescribed load and the free displacement is equal to zero).

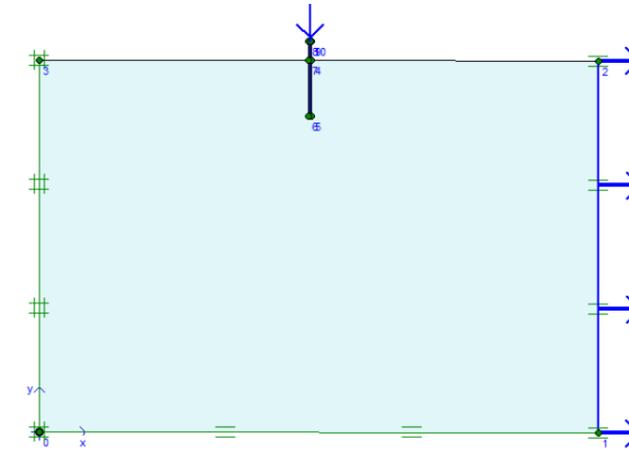


Figure 2 – Fixing of a geometrical model of single pile on soil base

Some of the points of a geometric model must have prescribed displacements, it is necessary that to avoid a situation when the displacement is unknown. The simplest example of a given displacement is a fixation (zero displacement), but can also be set and non-zero displacement.

In this case, the boundary conditions of the walls of the model were given in the form of a hinged movable support with free movement along the  $+x$  axis in coordinate limits on  $y$  axis.

In the Plaxis program complex this type of boundary conditions is set automatically, because it is suitable for most geotechnical problems.

For modeling the soil behavior for a given geometric model should be accepted corresponding model of soil and its parameters. In Plaxis soil characteristics were collected in data on materials, which are stored in the appropriate database. The dataset from the database can be assigned to one or more clusters.

By dataset on materials select Soil & Interfaces (Soil and Contact Surface).

Datasets on materials are created, generally, after input of boundary conditions. Before creation of a mesh shall be set data sets on all materials, and all clusters and constructions shall have the dataset corresponding to them.

A specified soil of base received parameters of physic-mechanical properties of soil (Table 1, Fig. 3) given by results of laboratory researches.

Table 1 – Characteristics of model of soil base

Parameters	Desig-nation	Value	Unit of measurement
Model of soil	<i>Mo del</i>	Mohr – Coulomb	–
Type of behavior of soil	Type	Drained	–

Specific gravity of soil	$\gamma_{unsat}$	17.0	$\kappa\text{N}/\text{m}^3$
Specific gravity of saturated soil	$\gamma_{sat}$	20.0	$\kappa\text{N}/\text{m}^3$
Penetrability of soil in the horizontal direction	$k_x$	3,000E-4	m/days
Penetrability of soil in the vertical direction	$k_y$	3,000E-4	m/days
Jung's (constant) module	$E_{ref}$	260	$\kappa\text{N}/\text{m}^2$
Poisson's coefficient	$\nu$	0.25	—
Cohesion (constant)	$c_{ref}$	0.9	$\kappa\text{Pa}$
Angle of friction	$\phi$	37.0	—
Corner of dilatancy	$\psi$	0.0	—

Correctness of the job of a data set for a cluster is caused by change of its color.

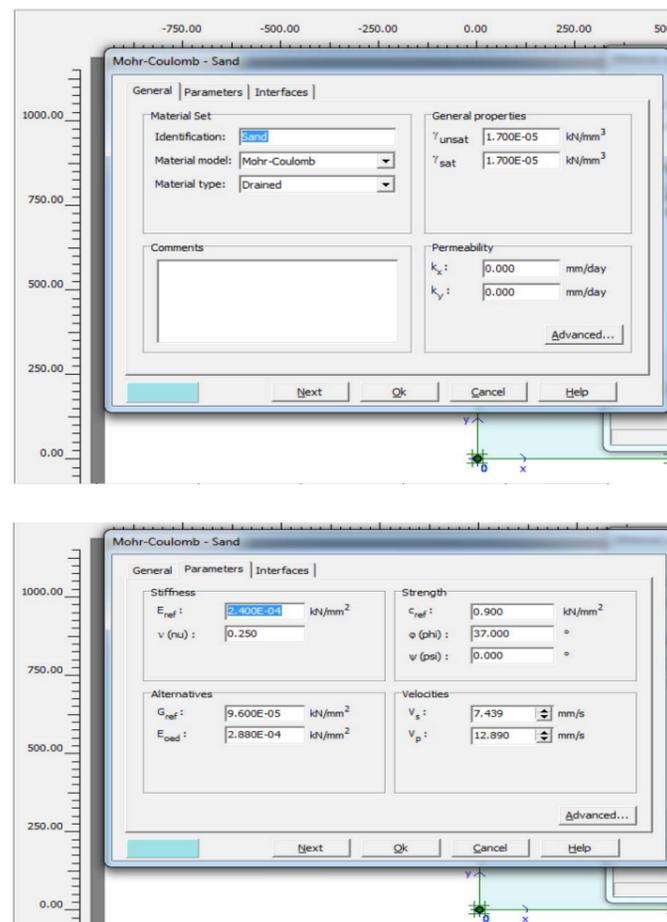


Figure 3 – Task to the soil basis of certain properties of soil

After completion of creation of geometrical model will be created the final and element model (mesh). The procedure for creation of a mesh in the Plaxis program is performed completely automatically. By means of this procedure the geometrical model is divided into elements of the main type and compatible structural elements if such are available. At creation of a mesh is considered the provision of points and lines of geometrical model. Thereby, is considered the arrangement of layers, loadings and constructions. The construction method is based on the stable principle of triangulation by means of which there are optimum sizes of triangles which participate in creation of an unstructured mesh. Unstructured mesh do not formed by correctly located elements. However numerical results for such mesh it is usually best than numerical results for the structured mesh having the correct arrangement of elements.

Next, determine the initial conditions. The initial conditions include the initial conditions in groundwater, the initial geometrical configuration and the initial state of effective stresses. In this version, there is no need to enter groundwater conditions, however need the determination of the effective initial stress by using the procedure K0 (K0-procedure).

Because this project does not include the water pressure, we turn to the regime of geometric configurations. For the weight of soil we accept the general coefficient equal 1. This means that when constructing the initial stress is taken into account the total weight of the soil.

After creation of the initial tension (Fig. 4) calculation is carried out

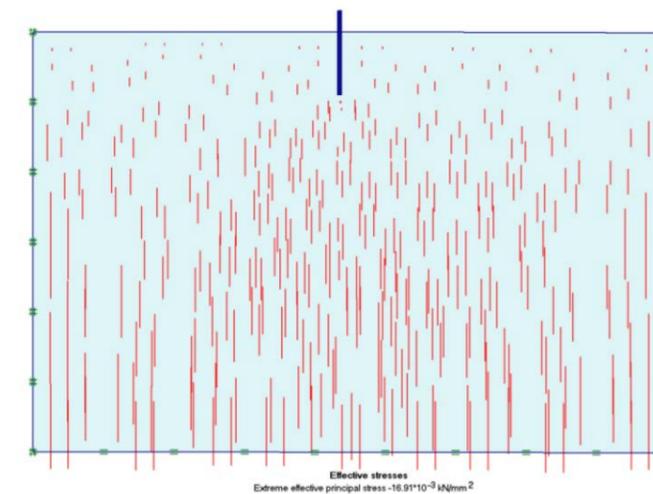


Figure 4 – Field of initial stresses

Were included several calculated stages of modeling of horizontal deformation of tensile along the x axis.

One calculated stage includes modeling of the natural tension caused by gravitation forces.

In the subsequent stages to model of the basis were enclosed the horizontal and stepped deformations imitating horizontal tension. Deformations in the Plaxis program complex are specified in units of force carried per unit area ( $kN/m^2$ ). Values of tension for model of the slab foundation on the soil basis are given in Table 2.

After specifying of the calculated parameters to select nodes or stress points for construction of curves of dependence of displacement on deformations (Fig. 5).

Table 2 – Values of horizontal deformations attached to a model of the pile on soil base

Stage	Values of the horizontal strains, $\epsilon$
1	0
2	0.003
3	0.006
4	0.009
5	0.012

After the calculation is completed the results were evaluated by the Output program. In the complete geometric model were obtained displacement and stresses.

Fig. 6 shows the deformed mesh (which is constructed in such scale that can see the displacement) at the end of the selected calculation stage.

Fig. 7 shows the horizontal displacements of all nodes as arrows and areas of displacement with corresponding values.

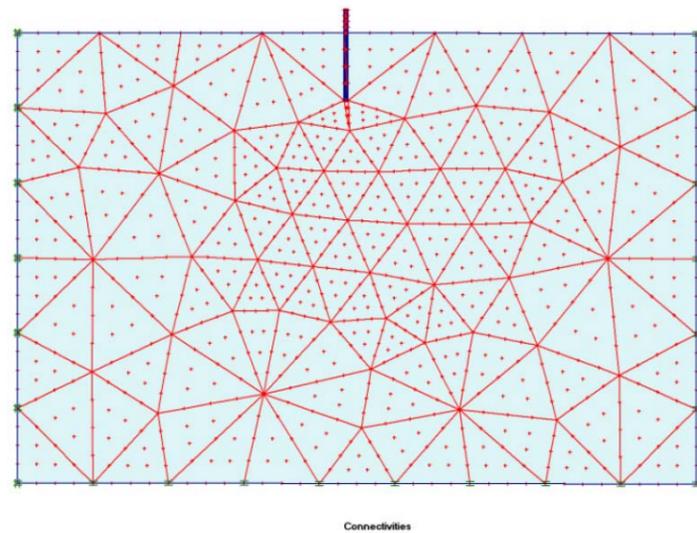


Figure 5 – Points of stresses for construction of curves of dependences of the displacement on the horizontal deformations

By these values it is possible to observe the horizontal and stepped deformations of the right part of the soil base, which coincide with the deformations of the model experiment presented in the previous Chapter.

Fig. 8 shows the data of the shear stress, by values of which can also be seen that the deformation of the model of single pile is much stronger in the right model from the beginning horizontal and stepped deformations of the soil base.

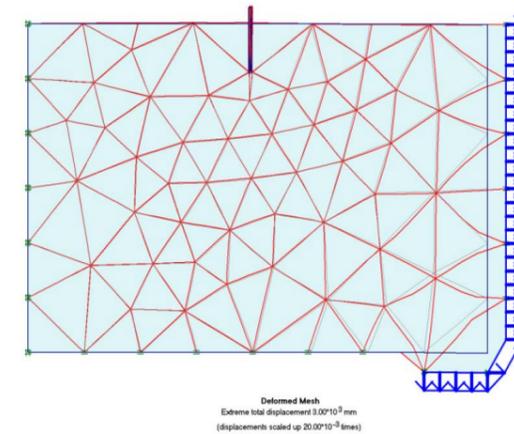


Figure 6 – Deformed mesh of the model of single pile at the value  $\epsilon = 3 \times 10^{-3}$  at the end of the selected calculation stage

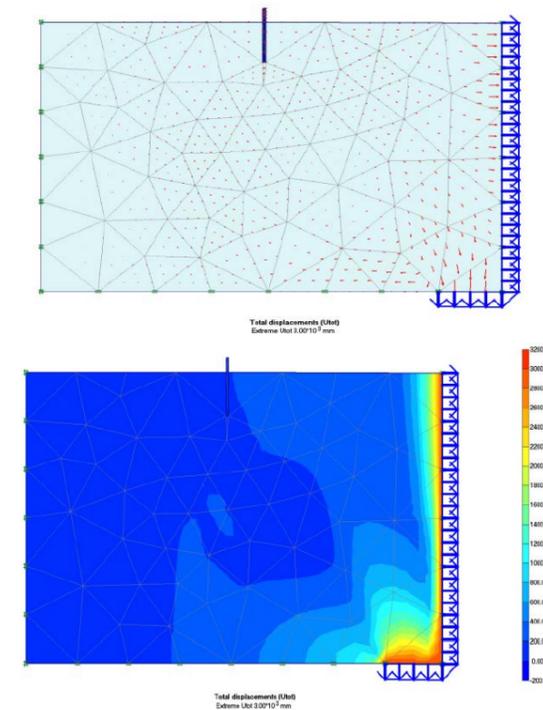


Figure 7 – Horizontal displacement of the nodes of the model of single pile on the soil base at the value  $\epsilon = 3 \times 10^{-3}$

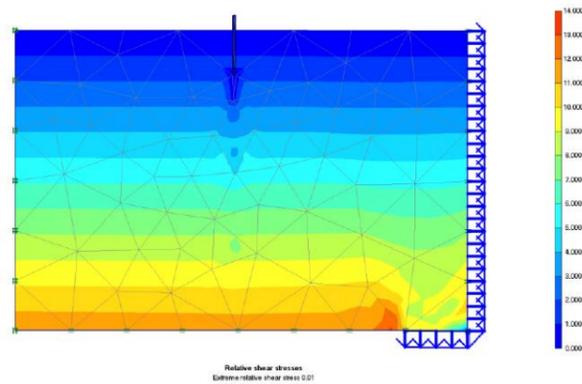


Figure 8 – Data of the shear stress of the model of the single pile on the soil base at the value  $\varepsilon = 3 \times 10^{-3}$

Next by Output program were given the results of the calculation and were obtained displacements and stresses in a complete geometrical model for the horizontal deformation  $\varepsilon = 6 \times 10^{-3}$ ,  $9 \times 10^{-3}$ ,  $12 \times 10^{-3}$ .

#### CONCLUSION

The first and main task of a research is the correct formulation of a task. Formulation of a problem assumes detailed definition of an object of a research. For this purpose it is necessary to define accurately the phenomena and processes which it is supposed to investigate and define the corresponding properties of the environment by means of which they can be described. Besides it is necessary to define geometry of an object and its structure, conditions in which it is and also conditions of loading and duration of the studied process. From that how successful the formulation of a task is, success of her decision depends.

The next step is the choice of a model and determining its parameters. The more complex the model, the more parameters that need to know, i.e. to determine experimentally. The behavior model of the environment is based on the generalization and interpretation of experimental data.

Numerical modeling based on the finite element method, allows to accurately and quickly producing of analytical calculations and forecasting of various geotechnical problems.

#### REFERENCES

1 **Базаров, Б. А.** Особенности моделирования взаимодействия фундаментов с подрабатываемым основанием // Международная научная конференция «Наука и образование – ведущий фактор стратегии «Казахстан-2030». – Караганда, 2008. – № 2. – С. 204–205.

2 **Козионов, В. А.** Особенности расчета осадок фундаментов на крупнообломочных грунтах с заполнителем // Наука и техника Казахстана. – 2015. – № 3–4. С. 51–57.

3 **Desai, C. S., Christian, J. T.** Numerical Methods in Geotechnical Engineering. – New York : McGraw-Hill. – 1977. – P. 784.

4 **Kozionov, V. A., Aldungarova, A. K.** Program of modeling of ground dams work on undermined territories // Международная научно–практическая интернет–конференция «Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и транспорте’2013». – Одесса, 2014. – С. 77–81.

5 **Kozionov, V. A., Aldungarova, A. K.** Program of modeling of ground dams work on undermined territories // Research Bulletin SWorld. Modern scientific research and their practical application. – Odessa. – 2014. – P. 9–17.

6 **Finite Elements in Geomechanics (G. Gudehus ed.).** – New York: John Wiley. – 1977. – P. 573.

7 **Zhukenova, G. A., Kaldanova, B. O.** Program of model tests of piles work under horizontal deformations // Proceeding of the International scientific-practical conference «Science, technical regulation and engineering in construction: condition, prospects». – Karaganda, 2016. – P. 265–267.

8 **Zhussupbekov A.Zh., Kaldanova B.O., Zhukenova G.A., Muzdybayev Y., Muzdybayeva T., Dosmukhametova B.** Research of the mechanical properties of soil basis an equivalent material // Proceeding of the 8th Asian young geotechnical engineers conference «Challenges and Innovations in Geotechnics». – 2016. – P. 61–64.

9 **Zhussupbekov, A. Zh., Omarov, A. R., Zhukenova, G. A., Tanyrbergenova, G. K.** Geotechnical infrastructures of new capital Astana on problematical soil ground // Proceedings of the 17th Nordic Geotechnical Meeting. – Reykjavik, 2016. – P. 923–930.

10 **Aldungarova, A. K., Zhussupbekov, A. Zh., Kozionov, V. A., Lukpanov, R. E., Tanaka, T.** Slope Stability Analysis Of The Soil Embankment Reinforced By Geogrid For Reconstruction of Steel Production Plant // Наука и техника Казахстана. – 2016. – № 3–4. – С. 16–27.

11 **Zhussupbekov, A. Zh., Tulegulov, A. D., Omarov, A. R., Zhukenova, G. A., Tanyrbergenova, G. K.** The analysis of the piling tests on construction site «The future of the free country» // Proceeding of the 8th Asian young geotechnical engineers conference «Challenges and Innovations in Geotechnics». – 2016. – P. 127–130.

12 **Zhussupbekov, A. Zh., Morev, I. O., Omarov, A. R., Borgekova, K., Zhukenova, G. A.** Geotechnical considerations of piling testing in problematical soils of West Kazakhstan. – International Journal of GEOMATE. – Japan. – 2018. – Vol.15. – P. 111–117.

Material received on 27.02.19.

**Жукенова Гюльнара Абаевна**

PhD, доцент, «Өндірістік, азаматтық және көлік құрылысы» кафедрасы,  
С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,  
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы,  
e-mail: gulnara-home@mail.ru.

**Кенжебек Нурдаулет Кенжебекулы**

магистрант, «Өндірістік, азаматтық және көлік құрылысы» кафедрасы,  
С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,  
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы,  
e-mail: zhanat.kamshibai@mail.ru.

**Баймагамбетов Рустем Казымбекович**

магистрант, «Өндірістік, азаматтық және көлік құрылысы» кафедрасы,  
С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,  
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы,  
e-mail: rust.117@mail.ru.

**Байжанов Данияр Санатканович**

магистрант, «Өндірістік, азаматтық және көлік құрылысы» кафедрасы,  
С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,  
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы,  
e-mail: danik.616@mail.ru.

Материал баспаға 27.02.19 түсті.

### Іргетас үлгілерінің топырақ негізімен өзара әрекет етудің екі- өлшемді моделдеу

*Қазіргі замаңда сандық модельдеу – топырақтардағы деформациялық процестерді зерттеудің маңызды және тез дамып келе жатқан әдісі. Есептеу қуатының жылдам өсуі осы саланың дамуына ықпал етеді. Мәселелер шешудің табу тәсілдері және есептердің жаңа алгоритмдері жетілдірілуде. Ондаған жылдар бұрын дамыған тәсілдердің кейбірі әлсіреуі мен төмендеуі болды және енді қайтадан кеңінен қолданылады. Бұл жаңа есеп айырысу мүмкіндіктері, жаңа көзқарастар мен проблемалық мәлімдемелерге, зерттелетін құбылыстарды кеңейтуге байланысты.*

*Физикалық процесті зерттеудің негізгі мақсаты оның көмегімен сипатталуы мүмкін моделдерді құру болып табылады. Мұндай міндеттерді табысты шешу – бұл құбылыстарды түсіндіру қабілеті, сондай-ақ кез-келген фактор өзгерген кезде процестің дамуын болжау. Талап етілетін дәлдікке қарай, модель қарастырылуы тиіс құбылыстардың белгілі бір жиынтығын ескереді.*

*Кілтті сөздер: сандық модельдеу, іргетас, соңғы элемент әдісі, топырақ негізінің деформациясы, жүктеу шарттары.*

**Жукенова Гюльнара Абаевна**

PhD, доцент, кафедра «Промышленное, гражданское и транспортное строительство», Павлодарский государственный университет имени С. Торайғырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан,  
e-mail: gulnara-home@mail.ru.

**Кенжебек Нурдаулет Кенжебекулы**

магистрант, кафедра «Промышленное, гражданское и транспортное строительство», Павлодарский государственный университет имени С. Торайғырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан,  
e-mail: zhanat.kamshibai@mail.ru.

**Баймагамбетов Рустем Казымбекович**

магистрант, кафедра «Промышленное, гражданское и транспортное строительство», Павлодарский государственный университет имени С. Торайғырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан,  
e-mail: rust.117@mail.ru.

**Байжанов Данияр Санатканович**

магистрант, кафедра «Промышленное, гражданское и транспортное строительство», Павлодарский государственный университет имени С. Торайғырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан,  
e-mail: danik.616@mail.ru.

Материал поступил в редакцию 27.02.19.

### Двухмерное моделирование взаимодействия моделей фундаментов с грунтовым основанием

*В настоящее время численное моделирование является важным и быстро развивающимся методом изучения деформационных процессов в грунтах. Быстрый рост вычислительных возможностей способствует развитию этого направления исследований. Улучшены существующие и разработаны новые алгоритмы расчета и подходы к решению задач. Некоторые из подходов, разработанных десятилетия назад, испытали ослабление интереса и сокращение масштабов и теперь снова широко используются. Это связано с новыми вычислительными возможностями, новыми подходами и постановками задач и расширением классов исследуемых явлений.*

*Основной целью изучения физического процесса является создание моделей, с помощью которых это можно описать. Успешное решение такой задачи означает возможность объяснить происходящие явления, а также спрогнозировать развитие процесса при изменении любого фактора. В зависимости от требуемой точности в модели учитывается определенный комплекс явлений, которые необходимо учитывать.*

*Ключевые слова: численное моделирование, фундамент, метод конечных элементов, деформация грунтового основания, условия нагружения.*

**Курманов Аскар Каратаевич**

к.т.н., ассоц. профессор (доцент), кафедра «Промышленное, гражданское и транспортное строительство», Архитектурно-строительный факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан  
e-mail: kurmanov\_190658@mail.ru.

**Аипов Арман Мейрамович**

магистрант, кафедра «Промышленное, гражданское и транспортное строительство», Архитектурно-строительный факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан  
e-mail: arkstroy-pv@mail.ru.

### **ПЕРСПЕКТИВА РАЗВИТИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

*Актуальность темы исследования обусловлена необходимостью обеспечения населения жильём, изысканием новых технологий малоэтажного строительства в загородных зонах, где решающими факторами являются: сокращенные сроки возведения зданий, невысокая стоимость и трудоемкость работ. Прогрессивные технологии жилищного строительства с использованием многослойных конструкций являются одним из наиболее важных направлений повышения эффективности цикла в строительной сфере Казахстана.*

*На объектах строительства в качестве конструктивного материала часто используется газобетон только автоклавного изготовления или пенобетон заводского изготовления. Поэтому возникает задача разработки более совершенной технологии малоэтажного жилищного строительства с применением конструкций из нетрадиционного материала – ячеистого бетона с добавлением отходов промышленности.*

*Ключевые слова: малоэтажное строительство, газобетон, отходы промышленности, ячеистобетонные блоки.*

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Подавляющее большинство современных жилых зданий выполняется из различных видов бетонных и каменных конструкций, сохраняющих за собой доминирующее положение на самую далёкую перспективу. Существенную роль в дальнейшем совершенствовании конструкций из бетона должно сыграть снижение их массы. В связи с этим, за последнее время значительно возросла роль ячеистых бетонов, которые находят все более широкое и комплексное применение, не только как изоляционный, но и как эффективный конструкционный материал для несущих конструкций жилых зданий. За последние годы введены в эксплуатацию новые заводы и линии по производству мелкоштучных стеновых изделий, в основном, мелких ячеистобетонных блоков. Такое явление продиктовано экономическими факторами, обуславливающими необходимость использования

наиболее эффективной продукции, исходя из её стоимости, теплопроводности, экологичности и т.п. [1].

Одним из наиболее активно развивающихся секторов отрасли строительных материалов в Казахстане и других странах СНГ стало производство автоклавного газобетона (АГБ). В последние годы в данном направлении в большом количестве вводятся в эксплуатацию новые заводы, модернизируются существующие производства, увеличиваются объёмы выпуска, улучшаются свойства и повышается эффективность производимой продукции. Как результат, популярность АГБ возрастает, что сказывается на увеличении объёмов его использования в строительстве. Согласно официальной статистике в 2013 году ячеистый бетон стал одним из основных стеновых материалов в Казахстане. Мощности по производству АГБ в Казахстане увеличиваются на протяжении всех последних лет [2–6].

#### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Расчёты и проектные проработки показали, что применение в наружных стеновых конструкциях каменных зданий конструктивных решений в виде сплошной кладки в большинстве случаев не позволяет достичь уровня требуемого приведённого сопротивления теплопередачи ограждающей конструкции. В климатических условиях большей части территории Республики Казахстан удовлетворение требований II этапа не может быть достигнуто путём простого увеличения толщины кладки наружной стены. Это значит, что возведение стен толщиной 510–640 мм из полнотелого керамического кирпича, принятое для большинства регионов, необходимо довести на первом этапе до 1410 мм, а на втором этапе – до 2420 мм. Разумеется, такой вариант неприемлем ни по каким соображениям. Не удовлетворяют теплотехническим и экономическим критериям однослойные конструкции наружных стен в виде сплошной кладки из обыкновенных и эффективных стеновых материалов, в том числе и легкобетонных. Использование ячеистобетонных блоков, как показывает мировой опыт, при внесении в СН РК 2.04-04-2013 поправок, касающихся приведения расчётной влажности ячеистого бетона в соответствие с фактической эксплуатационной, может оказаться экономически целесообразным. В этом случае наружные стены при марке ячеистого бетона по средней плотности D 600 будут иметь для центральных и северных регионов РК приемлемую толщину в 550–600 мм. Однако для многих регионов РК такая толщина наружной стены не будет удовлетворять требованиям второго этапа. В этом случае, как показывают теплотехнические, технико-экономические расчёты и обширная мировая практика, наиболее эффективным способом теплозащиты зданий является устройство наружного утеплителя [7–9].

При этом масса утепляющей конструкции будет минимальной, что обусловлено небольшим слоем эффективного утеплителя, который не будет являться дополнительной нагрузкой на несущие конструкции, обеспечит надёжное и безопасное её крепление к наружным стенам и повысит теплоизоляционные

качества. Применение таких конструктивных решений наружных стен при проектировании и строительстве зданий более 5-ти этажей, без специальных мероприятий, таких как армирование кладки, ограничено относительно низкой прочностью на сжатие ячеистого бетона.

Применение ячеистого бетона открывает широкие возможности создания принципиально новых и эффективных несущих и ограждающих строительных конструкций, даёт возможность не только уменьшить размеры и массу конструкций, но и одновременно уменьшить вес здания, что позволит значительно снизить нагрузку на основание и уменьшить размеры фундаментов. В действующих нормативных документах в связи с недостаточной изученностью свойств ячеистобетонных конструкций отсутствует ряд положений по их проектированию. В частности, это относится к элементам кладки из мелких ячеистобетонных блоков с косвенным армированием, что препятствует их практическому использованию [10–13].



Рисунок 1 – Объект внедрения – жилой дом № 33 по ул. Майры г. Павлодар с наружными несущими стенами из мелких ячеистобетонных блоков

Опыт применения конструкций из кирпичной кладки показывает, что косвенное армирование является эффективным средством для увеличения прочности, трещиностойкости и снижения материалоемкости сжатых элементов.

В настоящей работе предпринята попытка восполнить этот пробел применительно к кладке из мелких ячеистобетонных блоков. Решение поставленных задач позволит использовать поперечную арматуру при проектировании сильно нагруженных наружных стеновых элементов зданий и сооружений, выполненных в виде кладки из мелких ячеистобетонных блоков, повысить этажность зданий и уменьшить их общий вес.

Основной объём газобетона (90 %) представлен марками D500 и D600. Доля теплоэффективного АГБ марки D400 составляет 8,8 % от общего выпуска. Уже больше половины заводов предлагают своим клиентам продукцию

с плотностью 400 кг/м<sup>3</sup>. Это обусловлено тем, что он сочетает в себе высокие прочностные показатели с хорошими теплоизолирующими свойствами [14].

Однако ежегодно возрастающие требования потребителей приводят к необходимости повышения качества выпускаемых изделий. Добиться этого возможно, как за счёт использования технологических приёмов, так и корректировки состава газобетона путём введения различных модифицирующих компонентов. Отечественный и зарубежный опыт показывает, что модификация вяжущего активными минеральными добавками, повышающими прочность межпоровой перегородки, является наиболее перспективным и все более широко применяется во многих областях строительства [15].

Известно, что автоклавные и обычные ячеисто-заполненные бетоны, плохо работают на растяжение при изгибе. Повысить прочностные характеристики, а также другие свойства ячеистых бетонов можно за счёт введения оптимального количества активных модификаторов, смеси, изготовленных из отходов промышленности.

Таким образом, для расширения номенклатуры эффективных стеновых материалов, разработка технологии автоклавного ячеистого бетона с применением в качестве дисперсной арматуры микроволокон и модификация его активными минеральными добавками является одной из важнейших научных и практических задач.

#### ВЫВОДЫ

Анализ состояния производства и применение ячеистых бетонов с использованием отходов промышленности (зол энергетических предприятий) в области строительства показал явно выраженную технологическую и экономическую эффективность.

Отсутствие практики промышленного производства, высокая потребность рынка в более качественных ячеистых бетонах определяет актуальность, научную и практическую значимость выдвинутой проблемы.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Вишневский, А. А., Гринфельд, Г. И., Смирнова, А. С. Итоги работы предприятий по производству автоклавного ячеистого бетона в 2013 г. // Технологии бетонов. – 2014. – № 4. – С. 44–47.
- 2 Коровкевич, В. В., Пинскер, В. А. Малоэтажные дома из ячеистых бетонов. Рекомендации по проектированию, строительству и эксплуатации – Ленинград, ЛенЗНИИЭП, – 1989. – 284 с.
- 3 Граник, Ю. Г. Ячеистый бетон в жилищно-гражданском строительстве // Строительные материалы. – 2003. – № 3. – С. 2–6.
- 4 Кузьменко, Д. В., Ватин, Н. И. Ограждающая конструкция «нулевой толщины» – термопанель // Инженерно-строительный журнал. – 2008. – № 1. – С. 13–21

5 **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

6 **Пинскер, В. А., Вылегжанин, В. П.** Газобетон в жилищном строительстве с максимальным его использованием // Ячеистые бетоны в современном строительстве. Сборник докладов. Выпуск 5. – СПб. : НП «Межрегиональная северозападная строительная палата», Центр ячеистых бетонов. – 2008. – С. 10–32.

7 **Пинскер, В. А., Вылегжанин, В. П., Гринфельд, Г. И.** Прочность и деформативность стен из газобетона низкой плотности // Ячеистые бетоны в современном строительстве. Сборник докладов. Выпуск 5. СПб. : НП «Межрегиональная северозападная строительная палата», Центр ячеистых бетонов. – 2008. – С. 6–9.

8 **Силаенков, Е. С.** Долговечность изделий из ячеистых бетонов. М. : Стройиздат, 1986. – 176 с.

9 **Кудерин, М. К., Менейлюк, А. И., Абуназар А., Шарипова, С. Е.** Повышение эффективности и технологии производства неавтоклавного пенобетона // Наука и техника Казахстана. – 2016. – № 3–4. – С. 91–97.

10 **Пинскер, В. А., Писарев, В. С.** Опытная проверка пластичности автоклавного ячеистого бетона при кратковременном нагружении – В кн. : «Применение ячеистых бетонов в жилищно-гражданском строительстве». – Л. : ЛенЗНИИЭП, – 1991. – С. 31–44.

11 **Акпанов, Н. А.** Оценка проектно-строительных решений жилых монолитных зданий // Наука и техника Казахстана – 2016. – № 1–2. – С. 5–9.

12 **Ухова, Т. А., Паплавскис, Я. М., Гринфельд, Г. И., Вишневецкий, А. А.** Разработка межгосударственных стандартов взамен ГОСТ 21520-89 и ГОСТ 25485-89 в части ячеистых бетонов автоклавного твердения // Строительные материалы. – 2007. – № 4. – С. 26–30.

13 **Граник, Ю. Г.** Ячеистый бетон в жилищно-гражданском строительстве // Строительные материалы. – 2003. – № 3. – С. 2–6.

14 **Корниенко, П. В.** Теоретические основы образования оптимальной структуры ячеистого бетона // Наука и техника Казахстана. – 2010. – № 2. – С. 81–89.

15 **Сактаганова, Н. А.** Неавтоклавный ячеистый бетон с добавкой – поверхностно-активными веществами // Наука и техника Казахстана. – 2016. – № 1–2. – С. 58–61.

Материал поступил в редакцию 27.02.19.

#### **Курманов Асқар Қаратайұлы**

т.ғ.к., қауымд. профессор (доцент), «Өнеркәсіптік, азаматтық және көлік құрылысы» кафедрасы, Сәулет-құрылыс факультеті, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: kurmanov\_190658@mail.ru.

#### **Аинов Арман Мейрамұлы**

магистрант, «Өнеркәсіптік, азаматтық және көлік құрылысы» кафедрасы, Сәулет-құрылыс факультеті, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: arkstroy-pv@mail.ru. Материал баспаға 27.02.19 түсті.

#### **Өнеркәсіптік қалдықтарды пайдалана отырып ұялы бетондарды колдану арқылы құрылғының құрылысын перспективті дамыту**

*Зерттеу тақырыбының өзектілігі халықты тұрғын үймен қамтамасыз ету, қала маңындағы аудандардағы төмен қабатты құрылыстың жаңа технологияларын іздестіру қажеттілігінен туындайды, бұл шешуші факторлар құрылыс уақытын үнемдеп, аз шығын жұмсап, жұмыстың нақтылығына негізделеді.*

*Көп қабатты құрылымдарды пайдаланатын тұрғын үй құрылысының прогрессивті технологиялары Қазақстанның құрылыс саласында жоғары тиімділігін арттырудың маңызды жолдарының бірі болып табылады. Құрылыс алаңдарында автоклавты өндірістің газдалған бетоны немесе зауыттық көбік бетоны жиі құрылыс материалы ретінде пайдаланылады.*

*Сондықтан өнеркәсіптік қалдықтарды қосу арқылы дәстүрлі емес материалдан жасалған – ұялы бетоннан жасалған конструкцияларды пайдалана отырып, төменгі тұрғын үй құрылысы үшін алдыңғы қатарлы технологияларды әзірлеудің міндеті бар.*

*Кілтті сөздер: төменгі қабатты құрылыс, газдалған бетон, өндіріс қалдықтары, ұялы блоктар.*

#### **Kurmanov Askar Karatayevich**

Cand.Sci.(Eng.), associate professor, Department of «Industrial, Civil and Transport Construction», Faculty of Architecture and Construction, S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: kurmanov\_190658@mail.ru.

#### **Aipov Arman Meiramovich**

undergraduate student, Department of «Industrial, Civil and Transport Construction», Faculty of Architecture and Construction, S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: arkstroy-pv@mail.ru. Material received on 27.02.19.

#### **Perspective of construction development with the application of cellular concrete with using of industrial waste**

*The relevance of the research topic is due to the need to provide the population with housing, finding new technologies for low-rise construction in suburban areas, where the decisive factors are: reducing of construction time, low cost, and labor-intensive work. Progressive technologies*

*of housing construction using multilayer structures are one of the most important ways to increase the efficiency of the cycle in the construction sector of Kazakhstan.*

*At construction sites, aerated concrete of autoclaved production or factory-made foam concrete is often used as a construction material. Therefore, there is the task of developing more advanced technology for low-rise housing construction using structures made from unconventional material - cellular concrete with the addition of industrial waste.*

*Keywords: low-rise construction, aerated concrete, industrial waste, cellular concrete blocks.*

ГРНТИ 55.38

### **Аскарлов Ерлан Сейткасымович**

к.т.н., профессор, кафедра «Стандартизация, сертификация и технология машиностроения», Казахский национальный исследовательский технический университет имени К. И. Сатпаева, г. Алматы, 050013, Республика Казахстан, e-mail: erlan57@mail.ru.

### **ВЕТРОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА С НЕПОДВИЖНОЙ ОСЬЮ МОЩНОСТЬЮ БОЛЕЕ 10 КВТ**

*Рассмотрен вопрос проектирования ветровой энергетической установки мощностью более 10 кВт с вертикальной неподвижной осью. Такая схема оборудования позволяет значительно упростить технологию изготовления, уменьшить использование металла и удешевить изготовление как минимум в 2 раза.*

*Ключевые слова: ветровая энергетическая установка с вертикальной неподвижной осью, ротор Савоннуса, ротор Дарье.*

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Ветровые энергетические установки (ВЭУ) с вертикальной осью вращения ротора известны давно. Их преимущества перед ВЭУ с горизонтальной осью вращения ветроколеса: нет необходимости ориентации по направлению ветра, хорошая сопротивляемость сильному ветру, работа с грязным ветром, где много песка и грязи, работа при сильном морозе. Но у этой конструкции есть большие недостатки – это сложность изготовления и монтажа длинного вертикального вала, большая металлоемкость из-за наличия корпуса для крепления вала, уменьшение КПД из-за давления вала на нижний подшипник, что создает дополнительный тормозной крутящий момент в нем, сложность создания ВЭУ большой мощности (более 10 кВт), быстрый износ подшипников в опорах из-за действия динамических сил, возникающих во вращающемся вале [1, 2].

#### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Задача создания ВЭУ с мощностью более 10 кВт достаточно актуальна. Такие ВЭУ могут решать задачу снабжения энергией довольно крупных хозяйственных объектов. Обычная схема ВЭУ известного типа – состоит из отдельных модулей, в каждом модуле есть вращающийся вал 1, установленный в двух подшипниковых опорах 2 корпуса 3. На валу 1 крепятся лопасти 4 ротора. Модули ставятся вертикально друг на друга, валы 1 соединяются упругими муфтами 5. Нижний вал 1 выводится на генератор 6. Нижний корпус 3 ставится на землю (рисунок 1, а).

Для уменьшения металлоемкости конструкции применяют схему с консольным валом 1. Здесь корпус 3 значительно уменьшен, находится внизу под валом 1, нет муфт 5. Консольное вращение вала 1 быстро изнашивает подшипниковые опоры 2 (рисунок 1, б). Такая схема не позволяет наращивать количество модулей. ВЭУ

не может иметь большую мощность не более 5 кВт. Согласно международным стандартам IEC 61400 (требования Ллойда) мощность ВЭУ принимается за номинал при скорости ветра 11.4 м/сек. Из [3, 4] видно, что горизонтальное трехлопастное колесо ВЭУ диаметром  $D = 3$  м имеет мощность  $N = 1$  кВт. Ометаемая площадь (площадь перекрывающая ветровой поток и забирающая у него энергию) такого колеса равна:

$$S = 0,25 \cdot \pi \cdot D^2 = 0,25 \cdot 3,14 \cdot 3^2 \approx 7 \text{ м}^2$$

КПД ВЭУ с вертикальной осью примерно меньше в 2 раза, чем у ВЭУ с горизонтальной осью. Следовательно, ометаемая площадь ВЭУ с вертикальной осью и мощностью 1 кВт должна быть равна  $S_B = 14 \text{ м}^2$ .

Автор хотел бы отметить, что в литературе встречаются утверждения, что вертикальный ротор Дарье имеет КПД равный ВЭУ с горизонтальной осью. Автор с этим не согласен. Эти утверждения теоретически и практически никто не подтверждает, либо замеры делаются при скорости ветра превышающую 11,4 м/сек. КПД вертикальной ВЭУ не может быть равен КПД горизонтальной ВЭУ уже по тому, что ометаемая площадь вертикальной ВЭУ работает только наполовину, вторая половина площади двигается навстречу ветру, и естественно не дает мощности, и даже наоборот частично ее забирает. следовательно КПД как минимум в два раза меньше.

В работах [5–9] автором предлагается в ВЭУ использовать неподвижную ось. Такая ВЭУ состоит из отдельных модулей, в каждом из которых есть неподвижная ось 1, на которой расположены по две подшипниковые втулки-опоры 2. К втулкам 2 крепятся лопасти 3 ротора. Оси 1 жестко ставятся вертикально одна на другую. Лопасти ротора 4 разных осей 1 соединяются между собой скобой 3. На нижней втулке-опоре 2 ставится зубчатое колесо 5, которое передает вращение на генератор 6. Как видно в этой схеме нет детали – корпус (рисунок 1, в). Для прочности всей конструкции внутри осей 1 можно протянуть стальной трос и натянуть его.

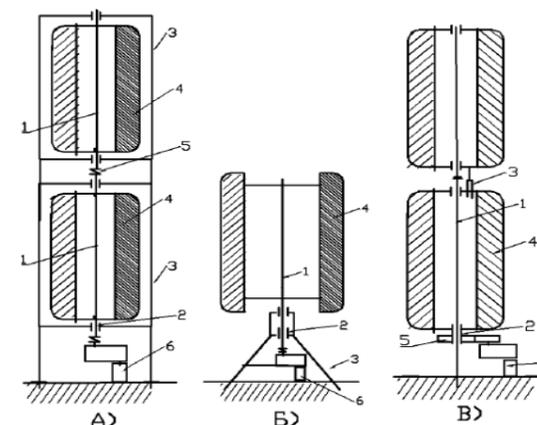
ВЭУ с неподвижной осью будет как минимум в 2 раза дешевле аналогов

1 Упрощается технология изготовления – неподвижную ось сделать намного проще вращающегося вала. При изготовлении оси не надо жестко выдерживать допуски и посадки по соосности. Не надо делать корпус.

2 Упрощается монтаж ВЭУ.

3 Уменьшается скорость износа подшипниковых опор, уменьшается нагрузка на подшипники.

4 Уменьшается металлоемкость на 30 %, уменьшается трудоемкость изготовления на 20 % – нет корпуса.



а – модульная, б – с консольным валом, в – ВЭУ модульная с неподвижной осью

Рисунок 1 – ВЭУ с вращающимся валом

Модульная схема ВЭУ позволит упростить изготовление ВЭУ, удешевит транспортировку ВЭУ в место назначения, упростит и удешевит сборку ВЭУ, позволит по мере надобности наращивать мощность ВЭУ за счет установки дополнительных модулей. Повышается КПД ВЭУ, примерно на 5 % – ось не давит на нижний подшипник, нет момента трения в подшипнике от массы оси. Вал давит, создавая дополнительный момент трения, что уменьшает КПД ВЭУ.

Значительное уменьшение металлоемкости вертикальной ВЭУ и упрощение конструкции создает предпосылки для изготовления ВЭУ достаточно большой мощности, более 10 кВт. Ясно, что для такой ВЭУ необходима ометаемая площадь не менее  $120 \text{ м}^2$ . Некоторое уменьшение площади объясняется тем, что крупные ВЭУ выигрывают за счет своих размеров и более высокого расположения лопастей над землей. Исходя из этого предлагается создать два модуля для вертикальной ВЭУ с ротором Савониуса. Один модуль с размерами - высота 3000 мм, ширина 4000 мм.  $S_B = 12 \text{ м}^2$ . Мощность модуля 1 кВт.

На рисунке 2 показана ВЭУ минимального комплектования – 2 модуля, мощность 2 кВт. Общая длина этой ВЭУ 10,6 м, высота от земли 9 м. Если спроектировать ВЭУ на 10 кВт, необходимо 10 модулей. Общая длина ВЭУ будет 35 м, высота от земли 33 м.

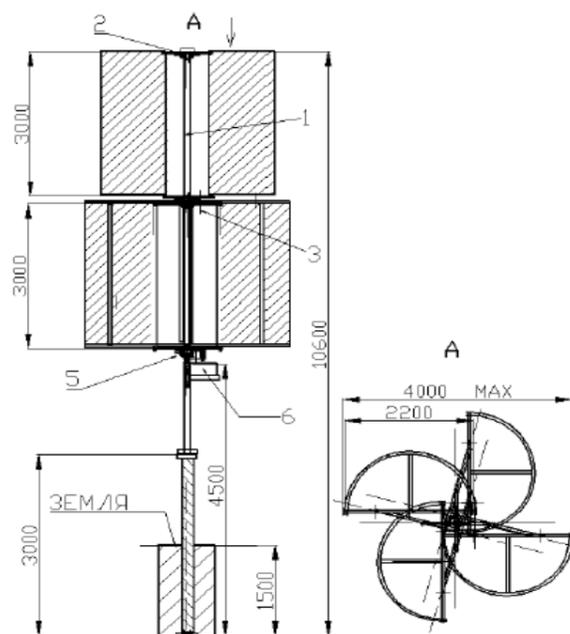


Рисунок 2 – Двух модульная ВЭУ с ротором Савониуса и вертикальной неподвижной осью

Второй модуль размеры – высота 4000 мм, ширина 6000 мм.  $S_b = 24 \text{ м}^2$  Мощность такого модуля будет 2 кВт. Высота ВЭУ мощностью 20 кВт (10 модулей) будет приблизительно 45 м. В дальнейшем на основе предложенных модулей можно изготовить ВЭУ с мощностью более 20 кВт.

ВЭУ мощностью более 10 кВт имеет достаточно большую высоту. Вопросы доставки, монтажа и сборки такой конструкции на месте эксплуатации имеют большое значение. ВЭУ будет работать в малом населенном объекте, который находится далеко от больших дорог, железнодорожных станций, в степи. Транспортировка ВЭУ будет производиться отдельными модулями, размеры которых и вес позволяют перевозить их в обычных грузовых автомобилях по грунтовым дорогам. Монтаж на месте производится в следующей последовательности: берется самый верхний модуль 1 (рисунок 3) и поднимается подъемником 2 на высоту чуть больше высоты модуля В. Затем нижний модуль 3 подвозится на тележке 4 под модуль 1, который опускается на модуль 3. Затем подъемник 2 поднимает два модуля 1 и 3 на высоту чуть более В и снизу подкатывается следующий модуль и т.д. Такая схема монтажа не требует наличия большого крана, что значительно упрощает и удешевляет процесс сборки ВЭУ.

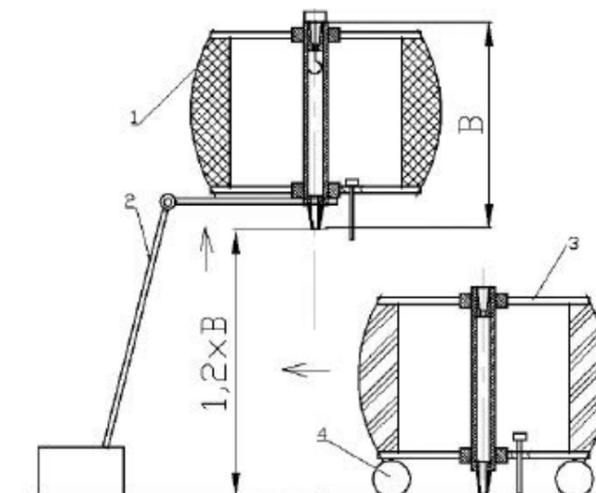


Рисунок 3 – Монтаж ВЭУ с вертикальной неподвижной осью

#### ВЫВОДЫ

Предлагаемая схема ВЭУ модульного типа с неподвижной вертикальной осью позволяет спроектировать и изготовить ВЭУ с мощностью более 10 кВт. При этом стоимость ВЭУ будет как минимум в 2 раза меньше чем известных аналогов.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Жаябаев, А. М.** Проблемы развития энергетики на основе ВЭУ и пути их решения // Наука и техника Казахстана. – 2010. – № 2. – С. 46–48.
- 2 **Говорун, В. Ф., Бабашев, С. М.** Развитие ветроэнергетики в Казахстане // Наука и техника Казахстана. – 2015. – № 3–4. – С. 18–23.
- 3 **Шефтер, Я. И.** Использование энергии ветра. 2 изд. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – С. 81. : табл. 5.1.
- 4 **Нуркимбаев, С. М., Шумейко, И. А.** Обоснование оптимальных параметров ветрового колеса ветроэнергетической установки «АВЭУ6-4М» // Наука и техника Казахстана. – 2015. – № 1–2. – С. 81–87.
- 5 **Аскаров, Е. С.** Инновационный патент Казахстана № 22192 «Ветровая энергетическая система с вертикальной осью вращения ветроколеса», Бюл. № 1 от 15.01.2010,
- 6 **Аскаров, Е. С.** Ветровая энергетическая установка с ротором Савониуса и неподвижной осью // Вестник машиностроения. – М., – 2012, – № 10. – С. 84–86,
- 7 **Аскаров, Е. С.** Инновационный патент Казахстана № 29297 «Ветровая энергоустановка с составной вертикальной осью вращения ветроколеса», Бюл. № 12 от 15.12.2014,
- 8 **Аскаров, Е. С.** Разработка ветровой энергетической системы с неподвижной вертикальной осью. // Вестник машиностроения. – М. 2015. – № 10. – С. 85-88.

9 Асқаров, Е. С. Патент Казахстана № 33219 «Ветровая энергоустановка с составной вертикальной неподвижной осью вращения ветроколеса» Бюл. № 40 от 26.10.2018.

Материал поступил в редакцию 27.02.19.

#### **Асқаров Ерлан Сейткасымұлы**

т.ғ.к., профессор «Стандарттау, сертификаттау және машина жасау технологиясы» кафедрасы, Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті, Алматы қ., 050013, Қазақстан Республикасы, e-mail: erlan57@mail.ru. Материал баспаға 27.02.19 түсті.

#### **Биіктігі 10 кВт қуаты бар желден энергетикалық қондырғы әйелдің білігі**

*Әйелдің білігі тік, биіктігі 10 кВт қуаты жел энергетикалық қондырғыны жобалау мәселесі қаралады. Мұндай жабдықтау сызбасы айтарлықтай жеңілдетіп кем дегенде 2 есе азайту дайындалу технологиясы металл мен бағасын төмендету өндірісі пайдалануға мүмкіндік береді.*

*Кілтті сөздер: тік, ротор білігі, ротор Дарье Савониуса әйелдің желден энергетикалық қондырғы.*

#### **Askarov Erlan Seitkasimovich**

Cand. Sci. (Eng.), professor, Department of «Standardization, Certification and Technology of Mechanical Engineering», K. I. Satpayev Kazakh National Research Technical University, Almaty, 050013, Republic of Kazakhstan, e-mail: erlan57@mail.ru. Material received on 27.02.19.

#### **The wind power station with the motionless axis with power more than 10 kW**

*The question of design of the wind power station with power more than 10 kW with a vertical motionless axis is considered. Such scheme of the equipment allows to considerably simplify manufacturing techniques, to reduce the use of metal and to reduce the price of production at least twice.*

*Keywords: the wind power station with a vertical motionless axis, Savonius's rotor, Darye, rofor.*

ГРНТИ 87.53.17

#### **Гаериллов Павел**

к.т.н., профессор, Рижский технический университет, г. Рига, LV-1658, Латвия, e-mail: pavels.gavrilovs@rtu.lv.

#### **Зарипов Рамис Юрисович**

преподаватель, докторант PhD, 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.

#### **Карку Аян Дюсетайұлы**

магистр техники и технологий, инженер-конструктор, ТОО «KZ Machinery», г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: karku\_ayan@mail.ru.

#### **Серикпаев Темирлан Махсатович**

студент, кафедра «Транспортна техника и логистика», Факультет металлургии, машиностроения и транспорта, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан.

#### **МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ТОКСИЧНОСТИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДИЗЕЛЯ**

*В статье представлен обзор основных методов снижения токсичности отработавших газов дизелей. Выделены следующие методы снижения токсичности и дымности ОГ дизеля: рециркуляция ОГ; нейтрализация ОГ на выпуске; применение альтернативных топлив, антидымных присадок и сажевых фильтров; обоснование оптимальных режимов эксплуатации; поддержание дизеля в технически исправном состоянии. Определены преимущества и недостатки каждого метода. В качестве наиболее эффективного и распространённого метода выбрана нейтрализация отработавших газов.*

*Для нейтрализации оксидов азота используют несколько технологий, а именно: рециркуляцию отработавших газов и окислительного катализатора, селективное восстановление аминокетонами или углеводородами, а также химическую адсорбцию с регенерацией. Рассмотрены технологии дизельных окислительных катализаторов, фильтров дисперсных частиц, селективного восстановления оксидов азота с помощью аминокетонами, а также NOx – адсорбирующие катализаторы.*

*Ключевые слова: дизель, сажевый фильтр, каталитические нейтрализаторы, двигатель внутреннего сгорания, отработавшие газы, системы нейтрализации отработавших газов, дизельные фильтры дисперсных частиц, рециркуляция отработавших газов, селективное восстановление оксидов азота, NOx – адсорбирующие катализаторы.*

#### **ВВЕДЕНИЕ**

В мировом энергетическом балансе первое место по выработке мощности стоят двигатели внутреннего сгорания транспортных и транспортно-технологических машин. При этом до 96 % парка гусеничных и до 67 % парка колёсных машин комплектуются дизелями, превосходящими бензиновые двигатели по эмиссии

вредных веществ. Общее количество вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу автотракторной техникой, более чем в три раза превосходит выбросы промышленных предприятий.

Большой вред окружающей среде наносят отработавшие газы дизелей, в которых содержатся сажа и компоненты неполного сгорания топлива. Все более острой становится проблема – снижение вредных выбросов с отработавшими газами энергоустановок. Тенденция использования тяжелого топлива на водном транспорте привела к тому, что судовые двигатели внутреннего сгорания стали работать на топливах ухудшенного качества. Кроме прочих неблагоприятных показателей качества утяжеленных и тяжелых топлив нужно отметить повышенное содержание в них серы. Это значит, что в составе отработавших газов существенно повышается содержание серного и сернистого ангидрида, т.е. потенциальных кислотосодержащих продуктов, влияние которых резко отрицательно сказывается на окружающей среде [1].

Целью данной статьи является рассмотрение методов очистки отработавших газов, поступающих при использовании дизельного топлива

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

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

Существующие технические решения, направленные на уменьшение вредных выбросов в ОГ дизелей, можно разделить на три основные группы:

- воздействие на рабочий процесс двигателя;
- очистка ОГ в выпускной системе двигателя;
- применение альтернативных топлив.

Существующие способы снижения токсичности и дымности ОГ дизеля подразделяются на следующие направления: рециркуляция ОГ; нейтрализация ОГ на выпуске; применение альтернативных топлив, антидымных присадок и сажевых фильтров; обоснование оптимальных режимов эксплуатации; поддержание дизеля в технически исправном состоянии [2–4].

Степень влияния перечисленных способов снижения вредных веществ в ОГ дизелей представлена в таблице 1.

Рециркуляция ОГ применяется как эффективное средство уменьшения выделений окислов азота. Принцип работы системы основан на всасывании части ОГ во впускной трубопровод, после чего они повторно участвуют в горении.

Подача дополнительного воздуха к выпускному клапану позволяет нейтрализовать ОГ методом дожигания их в выпускном трубопроводе.

К совершенствованию режимов работы ДВС можно отнести: улучшение смесеобразования и сгорания смеси, уменьшение температуры сгорания, увеличение коэффициента избытка воздуха, обеспечение необходимой интенсивности воздушного вихря, уменьшение угла опережения впрыска.

Нейтрализаторы ОГ. Среди средств снижения токсичности в мировом автотранспорте на протяжении последних четырех десятилетий лидируют нейтрализаторы ОГ в выпускной системе ДВС.

Но у нейтрализаторов ОГ в выпускной системе ДВС также есть существенные недостатки:

- термические нейтрализаторы приводят к снижению мощности и повышению удельного расхода топлива из-за возрастания противодавления в системе выпуска;
- жидкостные нейтрализаторы требуют ежедневного удаления шлака, промывки системы подачи топлива и заполнения новой жидкостью;
- каталитические нейтрализаторы, изготовленные на основе платины, палладия, окислов кобальта, никеля, ванадия, дорогостоящие.

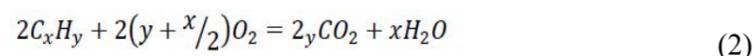
Таблица 1 – Степень влияния способов снижения вредных веществ в ОГ дизелей

Способ снижения токсичности ОГ	Динамика токсичности и дымности ОГ			
	СО	СН		Дымность
Рециркуляция ОГ	Возрастает на 20 %	Изменяется незначительно	Снижается на 50–80 %	Возрастает на 15–20 %
Подача воды во впускной трубопровод	Изменяется незначительно	Возрастает в 2,5–3 раза	Снижается в 2–5 раз	Снижается в 2–3 раза
Добавка инертных газов к воздуху		Снижается на 5–15 %	Снижается на 20–30 %	Возрастает незначительно
К а т а л и т и ч е с к и е нейтрализаторы	Снижается на 70 %	Снижается на 70 %	Снижается на 15–20 %	Снижается на 50–55 %
Альтернативные виды топлива	Изменяется незначительно		Изменяется значительно	Снижается на 60–70 %
Антидымные присадки	–	Возрастает на 10–15 %	–	Снижается на 70–80 %
Сажевые фильтры	–	Снижается на 20–30 %	–	Снижается на 80–90 %

В настоящее время становятся актуальны сажевые фильтры (СФ), которые работают по принципу диффузионной и инерционной задержки частиц с помощью фильтрующего материала. При типичной для ОГ дизеля температуре 300 °С степень выжигания сажи невысока. Следовательно, облегчить восстановление работоспособности СФ можно при повышении температуры ОГ либо при использовании каталитических покрытий фильтрующего элемента или присадок к топливу. Нанесение каталитических покрытий – дорогостоящая технология, а каталитические присадки не обеспечивают эффективного дожигания сажи. Поэтому наиболее перспективным является применение электрически нагреваемых СФ, встраиваемых в конструкции нейтрализаторов для дожигания сажевых частиц [3].

Исходя из вышеизложенного, можно считать, что в настоящее время наиболее эффективным и экономически целесообразным мероприятием по снижению токсичности ОГ дизелей является применение в выпускной системе нейтрализатора ОГ, оснащенного СФ с системой дожигания сажевых частиц, то есть применение комбинированной очистки ОГ.

Дизельные окислительные нейтрализаторы имеют схожую конструкцию с окислительными нейтрализаторами бензиновых двигателей [1, 3, 5–8]. Это катализаторы блочного типа, которые изготавливаются из керамики (кордиерит  $2MgO \cdot 2Al_2O_3 \cdot 5SiO_2$ ) или металлической фольги. На поверхность блока для увеличения площади активного слоя наносят подложку гаммаоксид алюминия ( $Al_2O_3$ ), на которую и наносят катализатор. В качестве катализатора применяют благородные металлы, переходные металлы и их оксиды. Из числа благородных металлов в качестве катализаторов используют платину (Pt) и/или палладий (Pd). Основные реакции, протекающие в окислительном нейтрализаторе, следующие:



Также на катализаторе могут протекать и побочные реакции, некоторые из которых носят негативный характер: приводят к отравлению катализатора или дополнительному выбросу вредных веществ в атмосферу. Окисление содержащегося в отработавших газах диоксида серы ( $SO_2$ ) объясняет существование жестких ограничений на содержание серы в дизельном топливе.

Окислительный нейтрализатор могут использовать совместно с фильтром дисперсных частиц (CDPF). При этом нейтрализатор окисляет монооксид азота (NO) в его двуоксид ( $NO_2$ ) – соединение, которое обладает более высокой селективной способностью к окислению дисперсных частиц и обеспечивает низкотемпературную регенерацию фильтра. Окислительный нейтрализатор является составной частью систем селективного восстановления оксидов азота.

Как следует из названия, дизельные фильтры дисперсных частиц удаляют из отработавших газов дисперсные частицы с помощью фильтрации отработавших газов. Фильтр представляет собой монолитный блок сотовой структуры с множеством поочередно закрытых на концах каналов (рисунок 1) [5].

Эффективность такого фильтра зависит от пористости и толщины керамических стенок. Этим же обуславливаются и объем фильтра, и величина оказываемого им сопротивления. В качестве керамики используются кордиерит или карбит кремния. Характеристики монолитных фильтров определяются также их пористостью, высокоэффективные фильтры имеют линейные размеры пор не более 12 мкм. Эффективность фильтров зависит от способа изготовления самого блока: либо из вспененного материала, либо из пористого. Эффективность в последнем случае выше: противодавление ниже, обеспечивается задержка более мелких частиц.

Поскольку в процессе работы фильтр забивается, создавая повышенное гидравлическое сопротивление, при разработке фильтров необходимо предусмотреть периодическое или непрерывное удаление накопленных частиц (регенерация фильтра). Процесс регенерации заключается в окислении кислородом

накопленных частиц, т.е. в освобождении поверхности от них. Различают фильтры с различными видами регенерации.

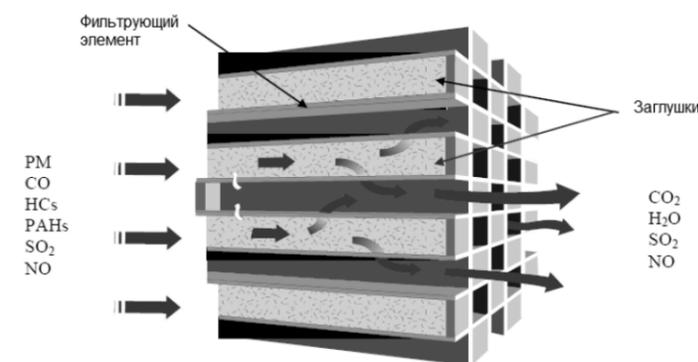


Рисунок 1 – Схема работы фильтра твердых частиц

Фактически для обеспечения регенерации фильтров при любых условиях эксплуатации транспортных средств применяют сочетания как пассивных, так и активных видов регенерации. На рисунке 2 показана система с активным типом регенерации. Электронный блок управления двигателем (ЭБУ) принимает сигналы с датчиков перепада давления и температурного датчика. Как только противодавление в системе достигает предельного уровня, запускается процесс регенерации.

Сажевые фильтры могут быть объединены с системой рециркуляции,  $NO_x$  адсорбера и селективного каталитического восстановления для достижения значительных сокращений  $NO_x$  и PM.

Для нейтрализации оксидов азота используют несколько технологий, а именно: рециркуляцию отработавших газов и окислительного катализатора, селективное восстановление аминогруппами или углеводородами, а также химическую адсорбцию с регенерацией.

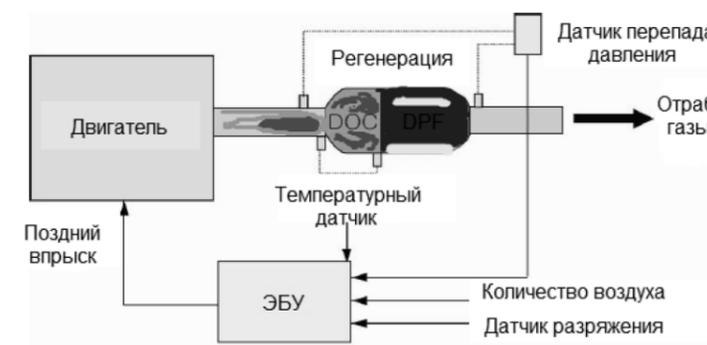
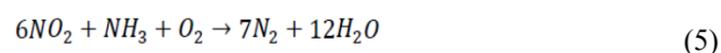
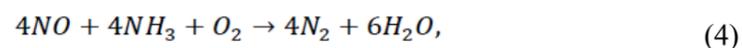
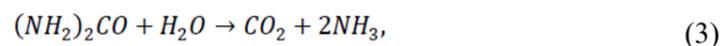


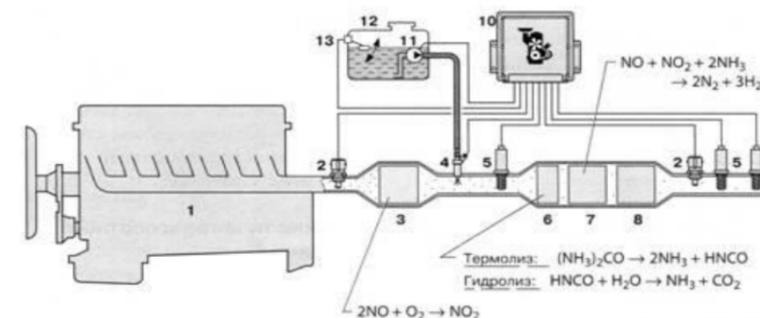
Рисунок 2 – Система регенерации фильтра твердых частиц

Наиболее простое из перечисленных предложений – это рециркуляция в сочетании с обычным окислительным нейтрализатором. В таком случае часть отработавших газов возвращается на впуск нагнетателя (или во впускной коллектор для двигателя без наддува). Проходя через интеркуллер системы рециркуляции, газы снижают свою температуру. Охлаждённые рециркулируемые газы, у которых более высокая теплоёмкость и меньшее содержание кислорода, чем у воздуха, снижают температуру горения в цилиндре двигателя, тем самым снижая образование  $NO_x$ . А возрастающие выбросы монооксида углерода и несгоревших углеводородов обезвреживаются нейтрализатором.

Система селективного восстановления оксидов азота (SCR-процесс). Данная технология известна довольно давно и уже на протяжении более 40 лет применяется на стационарных установках, таких, как электростанции. Однако совсем недавно ее испробовали для мобильной техники. Применение SCR обеспечивает одновременное сокращение  $NO_x$ , PM, и CH выбросов. В системе SCR используются металлическая или керамическая подложка с нанесенным на нее каталитически активным слоем и химический восстановитель для преобразования оксидов азота до молекулярного азота и кислорода. В качестве восстановителя предпочтительно использовать водный раствор мочевины  $(NH_2)_2CO$  (мочевины в растворе – 32,5%). В качестве катализаторов для SCR-процесса наибольшее распространение получили сложные каталитические композиции, содержащие металлы платиновой группы (для реализации процесса в низкотемпературной области), и оксиды ванадия и титана  $V_2O_5/TiO_2$ , а также металлосодержащие цеолиты (для обеспечения высоких температур). В поток отработавших газов впрыскивается водный раствор мочевины, под воздействием высокой температуры отработавших газов образуется диоксид углерода  $CO_2$  и аммиака  $NH_3$  (3). Затем аммиак взаимодействует с оксидами азота, восстанавливая их до азота (4 и 5):



По способу управления система подразделяется на два типа – с закрытой и открытой моделью управления. В системе с открытой моделью управления количество добавляемого восстановителя рассчитывается исходя из условий работы двигателя: оборотов коленчатого вала, температуры отработавших газов, гидравлического сопротивления в выпускной системе и нагрузки двигателя. В системах с закрытой моделью управления количество вводимого восстановителя рассчитывается на основании показаний датчика концентрации  $NO_x$  (рисунок 3).



- 1 – двигатель; 2 – датчик температуры; 3 – окислительный нейтрализатор; 4 – форсунка для впрыскивания восстановителя; 5 – датчик  $NO_x$ ; 6 – гидролизный нейтрализатор; 7 – нейтрализатор SCR; 8 – заграждающий нейтрализатор  $NH_3$ ; 9 – датчик  $NH_3$ ; 10 – блок управления работой двигателя; 11 – насос восстановителя; 12 – бак для восстановителя; 13 – датчик уровня восстановителя [1, 3].

Рисунок 3 – Система выпуска отработавших газов с селективным каталитическим восстановлением

Недостатком системы является то, что грузоподъемность автомобиля снижается из-за необходимости иметь емкость для водного раствора мочевины. Кроме того, должна быть решена проблема замерзания раствора при температуре ниже минус 11 °С.

Технология  $NO_x$  адсорберов является ещё одним каталитическим путём снижения концентрации  $NO_x$  в отработавших газах с высоким содержанием кислорода. Эта интенсивно развиваемая в последние годы технология применима как к бензиновым двигателям с искровым зажиганием, работающим на сверх обедненной смеси, так и к дизелям. С помощью данной технологии прогнозируется достижение наиболее строгих по оксидам азота норм «Евро-5» [9–13].

Принцип действия адсорбера заключается в предварительном окислении монооксида азота в его диоксид на платиновом катализаторе, после чего диоксид взаимодействует с оксидом или карбонатом бария, образуя нитрат бария (рисунок 4).

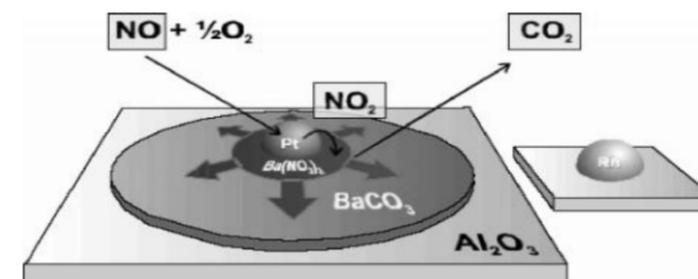


Рисунок 4 – Схема метода адсорбции оксидов азота. Первый этап – адсорбция

По мере расходования карбоната или оксида бария возникает потребность в регенерации адсорбера и утилизации накопленных оксидов. Для этого в поток отработавших газов впрыскивают небольшое количество топлива, которое за счет взаимодействия на платине с кислородом кратковременно, в течение нескольких секунд, разогревает и термически разлагает нитрат бария, а также создает восстановительную или близкую к нейтральной атмосферу. В таких условиях возможен характерный для бензиновых двигателей процесс трехкомпонентной нейтрализации, при котором на Pt-Rh или Pt-Pd-Rh – катализаторах оксиды азота восстанавливаются монооксидом углерода или несгоревшими углеводородами до молекулярного азота (рисунок 5).

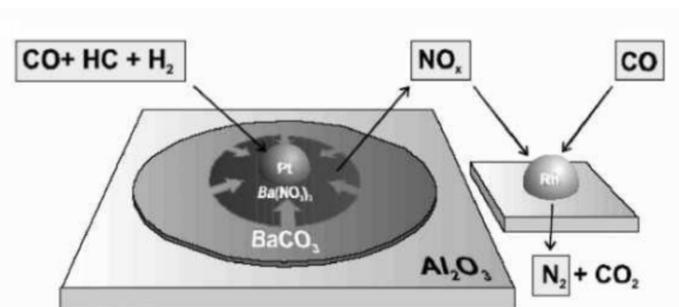


Рисунок 5 – Схема метода адсорбции оксидов азота.  
Второй этап – десорбция

Сложность применения данной технологии для дизельных двигателей заключается в использовании топлива с гораздо более высокой концентрацией серы, чем в бензинах. Продукты горения серы ( $\text{SO}_2$  и особенно  $\text{SO}_3$ ) реагируют с адсорбентами именно оксидов азота с образованием термически стабильных сульфатов, блокируя активность адсорбера в отношении  $\text{NO}_x$  посредством образования на адсорбере непроницаемого слоя. Поэтому приходится применять специальные адсорберы для  $\text{SO}_2$ . Последние выжигаются периодически при обеспечении работы дизеля с повышенной температурой отработавших газов.

## ВЫВОДЫ

Современные нормативные требования к составу отработавших газов ДВС обусловили необходимость применения комплексного подхода к решению проблемы экологической чистоты двигателей и транспортных средств. Необходимо не только создавать малотоксичные рабочие процессы и использовать улучшенное топливо, но и применять одновременно несколько средств обработки отработавших газов.

Наиболее перспективным направлением снижения выброса токсичных веществ с отработавшими газами, является применение комбинированных сажевых фильтров, устанавливаемых в выпускной системе. Однако они не в полной мере отвечают требованиям Евро-5 и Евро-6 по содержанию токсичных

веществ в отработавших газах и требуют разработки принципиально новых методов решения поставленных задач.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Кульчицкий, А. Р.** Токсичность автомобильных и тракторных двигателей. – М. : Академический Проект, 2004. – 400 с.
- 2 **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.
- 3 **Панчишный, В. И.** Нейтрализаторы отработавших газов дизелей // Автомобильная промышленность. – 2008. – № 11. – С. 6–8.
- 4 **Шапко, С. В., Ордабаев, Е. К., Сарбалаев, Е. Ж.** Стабильность экологических характеристик автомобиля с каталитическим нейтрализатором в условиях эксплуатации // Наука и техника Казахстана. – 2015. – № 3–4. – С. 119–126.
- 5 **Avila, P., Montes, M., Miro, E.** Monolithic reactor for environmental applications a review on preparation technologies // Chemical engineering journal. – 2005. – № 109. – P. 11–36.
- 6 **Ордабаев, Е. К.** Экологическая безопасность автомобилей. Монография. – Павлодар, Кереку, 2014. – 121 с.
- 7 **Бахтиярова, Д. С., Омарова, Б. К., Хасенов, Е.Т., Каракаев, А. К.** Проблемы использования нетрадиционного топлива в дизелях // Наука и техника Казахстана. – № 1–2. – 2012. – С. 29–37.
- 8 **Meille, V.** Applied Catalysis A : General. – 2006. – V. 315. – P. 1–17.
- 9 **Setten, B., Makkee, M., Moulijn, J.** Science and technology of catalytic diesel particulate filters // Catalyses reviews. – 2001. – № 43. – P. 489–564.
- 10 **Говорущенко, Н. Я.** Экономия топлива и снижение токсичности на автомобильном транспорте – М. : Транспорт, 1990. – 135 с.
- 11 **Колчин, А. В.** Обеспечение экологической безопасности тракторных и комбайновых дизелей // Тракторы и с.-х. машины. – 2004. – № 2. – С. 2–5.
- 12 **Медведев, Ю. С.** Особенности функционирования катализаторов в потоке отработавших газов дизелей // Тракторы и с.-х. машины. – 2006. – № 1. – С. 24–25.
- 13 **Истомин, С. В.** Совершенствование очистки отработавших газов дизелей сельскохозяйственной техники при эксплуатации: дис. канд. техн. наук : 05.20.03; защищена 17.05.1998; утв. 21.10.1998 – Саратов, 1998. – 171 с.

Материал поступил в редакцию 27.02.19.

**Гаврилов Павел**

т.ғ.к., профессор, Рига техникалық университеті,  
Рига қ., LV-1658, Латвия, e-mail: pavels.gavrilovs@rtu.lv.

**Зарипов Рамис Юрисович**

докторант PhD, оқытушы, «Көліктік техника 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.

**Карку Аян Дюсетайұлы**

техника және технология магистрі,  
инженер-конструктор, «KZ Machinery» ЖШС,  
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы,  
e-mail: karku\_ayan@mail.ru.

**Серикпаев Темирлан Махсатович**

студенті, «Көліктік техника және логистика» кафедрасы,  
Металлургия, машина жасау және көлік факультеті,  
С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,  
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.  
Материал баспаға 27.02.19 түсті.

#### Дизельдің пайдаланылған газдарының уыттылығын төмендету әдістері

*Мақалада дизельдердің пайдаланылған газдарының уыттылығын төмендетудің негізгі әдістеріне шолу жасалған. Дизельдің ОГ уыттылығы мен түтіндігін төмендетудің келесі әдістері анықталды: ОГ рециркуляциясы; шығарылымдағы ОГ бейтараптандыру; балама отындарды, түтінге қарсы тұнбалар мен күйе сүзгілерін қолдану; пайдаланудың оңтайлы режимдерін негіздеу; дизельді техникалық жарамды күйде ұстау әрбір әдістің артықшылықтары мен кемшіліктері анықталды. Ең тиімді және кең таралған әдіс ретінде пайдаланылған газдарды бейтараптандыру таңдалды.*

*Азот оксидтерін бейтараптандыру үшін бірнеше технологияларды қолданады, атап айтқанда: пайдаланылған газдарды және тотықтырғыш катализаторды рециркуляциялау, аминотоптармен немесе көмірсутектермен селективті қалпына келтіру, сондай-ақ регенерациясы бар химиялық адсорбция. Дизельді тотықтырғыш катализаторлар, дисперсті бөлшектер сүзгілері, аминотоптардың көмегімен азот оксидтерін селективті қалпына келтіру технологиялары, сондай – ақ NOx-адсорбциялаушы катализаторлар қаралды.*

*Кілтті сөздер: дизель, күйе сүзгісі, каталитикалық бейтараптандырғыштар, Іштен жану қозғалтқышы, пайдаланылған газдар, пайдаланылған газдарды бейтараптандыру жүйелері, дисперсті бөлшектердің дизельді сүзгілері, пайдаланылған газдардың рециркуляциясы, азот оксидтерінің селективті қалпына келуі, NOx – адсорбциялаушы катализаторлар.*

**Gavrilov Pavel**

Cand.Sci (Eng), professor, Riga Technical University,  
Riga, LV-1658, Latvia, e-mail: pavels.gavrilovs@rtu.lv.

**Zaripov Ramis Yurisovich**

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

**Karku Ayan Dusetayuli**

Master of Engineering and Technology,  
Design engineer, LLP «Machinery KZ»,  
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan,  
e-mail: karku\_ayan@mail.ru.

**Serikpaev Temirlan Maksatovich**

student, Department of «Transport Equipment and Logistics»,  
Faculty of Metallurgy, Engineering and Transport,  
S. Toraighyrov Pavlodar State University,  
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.  
Material received on 27.02.19.

#### Methods to reduce the toxicity of exhaust gases of a diesel engine

*The article presents an overview of the main methods to reduce the toxicity of diesel exhaust gases. Identified the following methods of reducing the toxicity and smoke opacity of the exhaust gases of a diesel engine: exhaust gas recirculation; exhaust gas neutralization on the issue; the use of alternative fuels, antigenic additives and diesel particulate filters; substantiation of optimum modes of operation; maintaining the diesel engine in good technical condition. Determined the advantages and disadvantages of each method. Neutralization of exhaust gases is chosen as the most effective and widespread method.*

*To neutralize nitrogen oxides, several technologies are used, namely: recycling of exhaust gases and oxidizing catalyst, selective reduction by amino groups or hydrocarbons, as well as chemical adsorption with regeneration. The technologies of diesel oxidizing catalysts, particulate filters, selective reduction of nitrogen oxides using amino groups, as well as NOx – adsorbing catalysts are considered.*

*Keywords: diesel, particulate filter, catalytic converters, internal combustion engine, exhaust gases, exhaust gas neutralization systems, diesel particulate filters, exhaust gas recirculation, selective reduction of nitrogen oxides, NOx – adsorbing catalysts.*

**Петлина Евгения Владимировна**

магистрант, кафедра «Промышленное гражданское и транспортное строительство», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: evgeniya\_petlina@mail.ru.

**Саканов Куандык Тимирович**

научный руководитель, к.т.н., зав. кафедрой, «Промышленное гражданское и транспортное строительство», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: kuan\_altei@mail.ru.

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНОГО ВОЛОКНА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

*В статье рассматриваются вопросы реконструкции зданий путём применения современных инновационных технологий, в частности композитных материалов – углеродных волокон. Приведены основные характеристики углеродных волокон.*

*Рассматриваются результаты сравнения двух вариантов усиления конструкции: классический и с применением углеродных волокон. Приведены примеры усиления конструкции с применением стальных элементов и систем внешнего армирования.*

*Даны результаты расчёта стоимости усиления рассматриваемых вариантов.*

*Ключевые слова: углеродное волокно, композитный материал, реконструкция, внешнее армирование.*

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Реконструкция действующих зданий наряду с новым строительством в условиях бурно развивающейся экономики имеет первостепенное значение. Окупаемость капитальных вложений в реконструкцию промышленных предприятий происходит в 2–3 раза быстрее, чем при строительстве новых.

Реконструкция зданий и сооружений – составная часть общей реконструкции предприятий. Изменение условий эксплуатации и функционального назначения зданий и сооружений вследствие внедрения новых технологий в ряде случаев требует проведения для них дополнительных мероприятий по реконструкции. Это может быть связано, например с установкой дополнительного оборудования приводящего к изменению нагрузок, изменению их места приложения и характера, внесению поправок в расчётные схемы, что может вызвать необходимость предварительного усиления конструкций строительных сооружений. В процессе реконструкции здания и сооружения с учётом изменённых условий эксплуатации должны быть приведены в соответствие с требованиями действующих нормативных документов.

Реконструкцию зданий и сооружений осуществляют также в связи с необходимостью восстановления физически изношенных отдельных элементов, частей зданий и сооружений. Так, физический износ обуславливает их переход в состояние отличное от проектного и требует восстановления их эксплуатационных качеств.

В связи с тем, что усиление железобетонных, каменных и металлических конструкций классическими методами (устройство железобетонных наращиваний, рубашек, металлических обоев, шпренгельных затяжек и пр.) несёт большие материальные и трудовые затраты, кроме того утяжеляет усиливаемую конструкцию, вызывает дополнительную нагрузку на фундаменты и в конце концов в ряде случаев имеет не эстетичный вид, что наиболее важно для административных и общественных зданий. Поэтому представляет интерес прогрессивный и более эффективный способ усиления конструкций, представленный материалами системы внешнего армирования углеродными лентами, и ламелями. Эта технология предназначена не только для ремонта и усиления несущих конструкций с целью предотвращения последствий разрушения конструкций, но и может являться еще гидроизолирующим материалом.

С увеличением потребности в объемах объектов промышленного и гражданского назначения растет и объем работ, связанных с перепрофилированием существующих зданий и сооружений. Улучшение эффективности работ по реконструкции невозможно без улучшения проектных решений и применения инновационных материалов, которые могут обеспечить экономичность, надежность и долговечность. Существующие способы усиления строительных конструкций [1–4] в большинстве своем трудозатратны, и ведут к остановке эксплуатации зданий и сооружений, чтобы обеспечить выполнение работ по реконструкции.

Мировой опыт строительства успешно использует композитные материалы на основе углеродного, стеклянного, арамидного волокон. А исследования ученых позволяют найти подтверждение их физико-механических свойств [5–10].

Применение углеродных волокон для усиления зданий и сооружений известно и в Республике Казахстан. Это усиление колонн и монолитных перекрытий строящегося торгового центра в г. Астана при помощи углеродных лент. Причина усиления – ошибки проектирования. Применение композитов для ремонта путепровода через ул. Угольшую в г. Астана. Причиной усиления явилась необходимость восстановления после удара грузовой машины. А так же капитальный ремонт автодорожного путепровода ПК 49+81,52 автомобильной дороги № 12 в Шиелийском районе Кызылординской области и Торгово-развлекательный центр «Алматы» в г. Алматы. Стоит отметить что в базе нормативно – технической документации Республики Казахстан действует свод правил « Усиление железобетонных конструкций композитными материалами» [11].

#### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Для ремонта и усиления каменных, железобетонных и металлических конструкций все чаще используются новые технологии и материалы. К ним, в частности, относятся композиты в виде ламелей, матов и сеток, изготавливаемые из углеродных волокон, которые используют в качестве поверхностного армирования, прочность которых зачастую превышает прочность стали. Соединение таких материалов с усиливаемой конструкцией осуществляется с помощью эпоксидного

клея. Коммерческое название такой системы усиления за рубежом известно, как FRP (Fibre Reinforced Polymers) или ФАП (фиброармированные пластики).

Суть применения данной системы состоит в замещении растянутой стальной арматуры фиброармированным пластиком (ФАП), состоящим:

- из непрерывных волокон (фибр), воспринимающих растягивающие напряжения и обеспечивающих жесткость и прочность композиции в направлении их ориентации;
- из матрицы, которая обеспечивает монолитность композита, фиксирует взаимное расположение армирующих волокон, равномерно распределяет действующие напряжения по объему ФАП и нагрузку на волокна, перераспределяет их при разрушении части волокон, а также защищает армирующие слои от внешних воздействий.

Самым главным недостатком углеродных композиционных материалов является их довольно высокая стоимость и требование к температуре при монтаже (выше 50 °С), которые компенсируются рядом преимуществ по сравнению с другими материалами:

- простота транспортировки и монтажа;
- экономичность установки – не требуют тяжелого подъемного и установочного оборудования;
- предел прочности при растяжении 4,3 ГПа;
- высокий модуль упругости достигающий 245 ГПа;
- углеродное волокно сохраняет форму и рабочие характеристики при температуре до +90 °С, а при перегревании в условиях бескислородного доступа сохраняет все физические и эксплуатационные свойства;
- имеет высокие показатели прочности на растяжение достигающие 1700 МПа, что прочнее стали. К примеру предел прочности стали 10 составляет 330 МПа, стали 20–410 МПа, стали 45–600 МПа;
- обладает низким удельным весом (230–250 г), при толщине примерно 0,1 мм;
- имеет высокие показатели коррозионной устойчивости, химически инертное органическое соединение;
- углеродное волокно – материал, состоящий из тонких нитей диаметром от 5 до 15 мкм, образованных преимущественно атомами углерода.

Для исследования применения углеволокна в качестве внешнего армирования выбран объект «Строительство резервных приёмных резервуаров сточных вод» в г. Павлодаре. Проектом предусмотрена разработка железобетонного монолитного резервуара с размерами в осях 11,0x16,2 м с примыкающей к нему приёмной камерой справа и приёмным резервуаром слева. Резервуар имеет сложную конфигурацию и заглублен в землю на 9,0 м. Толщина стен резервуара 600 мм, днища – 400 мм. Железобетонные монолитные конструкции резервуара запроектированы из бетона класса по прочности В30, морозостойкости F300, водонепроницаемости W6, армированные отдельными стержнями из арматуры класса АIII и AI.

Авторами была поставлена цель – сравнить два варианта армирования железобетонного монолитного резервуара. Первый вариант предусматривает основное и вспомогательное армирование резервуара классическим методом отдельными стержнями из арматуры класса АIII и AI. Суть второго варианта состоит в применении основного армирования отдельными стержнями из арматуры класса АIII и AI, а вспомогательное армирование у верхних граней резервуара заменить внешним армированием композитным материалом на основе углеродного волокна. Необходимость применения внешнего армирования для усиления резервуара явились ошибки при проведении строительно-монтажных работ, выявленные после проведения испытания резервуара.

Для получения данных о физико-механических характеристиках грунта, служащего основанием под монолитный резервуар были проведены инженерно-геологические изыскания, согласно которым, основанием служит глина серая, с глубины 6,5 м серо-коричневая, полутвердая, ожелезненная, омарганцованная, с включением мергеля до 5,0 %, с глубины 9,0 м с прослоями песка пылеватого насыщенного водой мощностью до 10,0 см, со следующими характеристиками:

- угол внутреннего трения  $\phi=19^\circ$ ;
- модуль деформации  $E=6,0$  МПа;
- сила сцепления  $C=63$  КПа;
- плотность  $\rho=1,99$  г/см<sup>3</sup>.

Нормативная глубина промерзания грунта согласно *отчёту по инженерно-геологическим изысканиям равна 2,4 м.*

Грунтовые воды первого водоносного слоя вскрыты на глубине 3,5–3,6 м, второго на глубине 8,6–9,0 м. Сезонный подъем уровня грунтовых вод составляет 0,7 м.

Вода неагрессивная к бетону нормальной проницаемости на портландцементе, слабоагрессивная к арматуре железобетонных конструкций при периодическом смачивании. Грунты неагрессивные к бетону нормальной проницаемости на портландцементе.

Расчёты конструкций были произведены в программном комплексе Лира-САПР. Для проведения расчёта были приняты данные о физико-механических характеристиках грунта; весе снегового покрова для II снегового района на I горизонтальной поверхности земли равной – 0,7 кПа [12] и нормативном скоростном давлении ветра до 10 м над поверхностью земли для III ветрового района равное 0,38 кПа [12], а также нагрузке от грунта, действующей на боковые стенки резервуара, вычисленный по формуле:

$$\sigma_{\text{гор}} = \lambda * H * \gamma = 0,372 * 1,91 * 9,0 = 6,39 \text{ т/м}^2; \quad (1)$$

$$\lambda = \left[ \cos(\varphi - \varepsilon) / \cos \varepsilon \left( 1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \rho)}{\cos(\varepsilon + \delta) \cos(\varepsilon - \rho)}} \right) \right]^2 \quad (2)$$

$$\lambda = [(\cos 18^\circ) / \cos 0^\circ (1 + \sqrt{\sin 18^\circ \cdot \sin(18^\circ - 0^\circ)}) / \cos 0^\circ \cdot \cos(0^\circ)] = 0,372$$

Вес железобетонной конструкции был принят программой автоматически. Схема распределения нагрузок на стены резервуара приведена на рисунке 1.

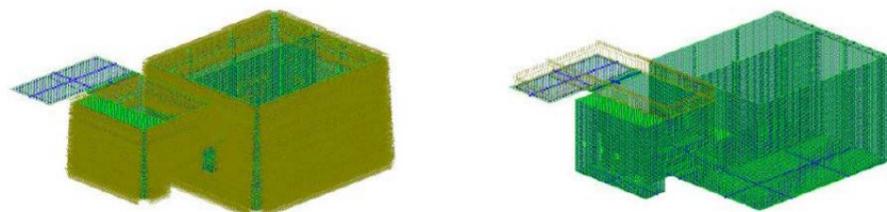


Рисунок 1 – Нагрузка грунта на стенки (слева) и нагрузка от здания (справа)

Согласно отчету выполненному в программном комплексе Лира-САПР основное армирование стен для первого варианта принято из арматуры класса А-III в двух направлениях с шагом ячейки 200/200 мм. Для армирования днища принята арматура класса А-III в двух направлениях с шагом ячейки 200/200 мм. Дополнительное армирование подобрано по расчету, исходя из разницы площадей сечений арматуры.

На рисунке 2 приведена площадь арматуры стен резервуара согласно отчета сформированного в программном комплексе Лира-Сапр.

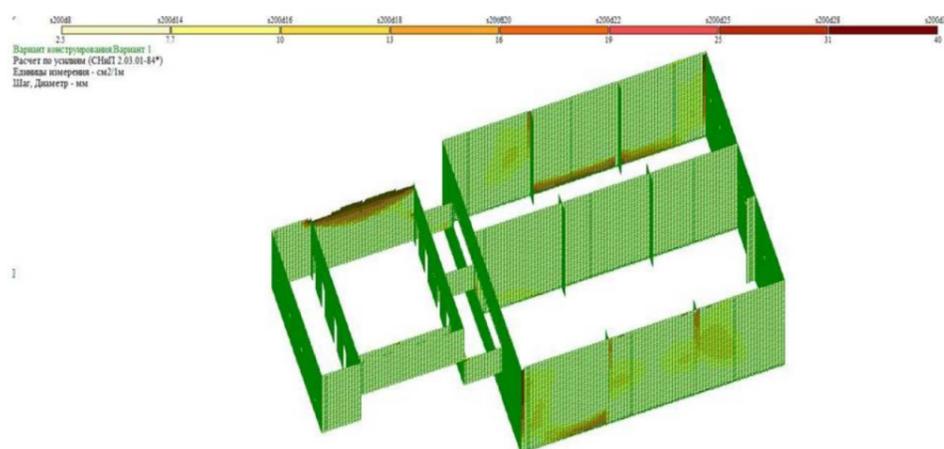


Рисунок 2 – Площадь полной арматуры на 1 погонный метр по оси Y у нижней грани. Стены (периметр)

После проведения расчетов в программном комплексе и составления рабочего проекта армирования резервуара классическим методом по расчету, была составлена смета.

Второй вариант конструктивного решения заключается в принятии основного армирования согласно расчета в программном комплексе Лира-САПР, но вместо дополнительного армирования стальными стержнями из арматуры класса А-III применяем систему внешнего армирования FibARM в качестве вспомогательного армирования у верхних граней резервуара. В качестве внешнего армирования применялись ленты типа FibARM Tape 230/300.

Площадь сечения лент балки определяется по формуле 6 [13]:

$$F_k \geq \frac{\Delta M}{R_k \left( h - \frac{x}{1,0} \right)} = \frac{2000 \text{ кН}\cdot\text{м}}{218000 (1,5 - 0,15) \text{ МПа}\cdot\text{м}} = 0,679 \text{ см}^2$$

То есть при ширине ленты 25 см и толщине 0,1 мм композитный материал должен иметь в  $\ell_p/2$  3 слоя углеродных лент. Для сечения в  $\ell_p/3$ , где недостающий момент составляет 1000 кН·м, требуется суммарная площадь сечения лент в 2 раза меньше – то есть 0,386 см<sup>2</sup>, что соответствует наклейке двух слоев лент. Учитывая необходимость предусматривать дополнительный участок ленты для её анкеровки и исключения отслоения (то есть заводить ленту за точку теоретического обрыва) длины лент усиления в композиционном материале принимают равными согласно таблицы 4 [13]):

- 1<sup>й</sup> слой ленты – на длине  $\ell_p/2$ ;
- 2<sup>й</sup> слой ленты – на длине  $\ell_p$ ;
- 3<sup>й</sup> слой ленты – на всю длину  $\ell_p$ .

#### ВЫВОДЫ

По результатам исследования был проведён расчёт экономической эффективности рассмотренных вариантов армирования. Расход стали и общая стоимость строительства при первом варианте армирования приведены в таблице 1. Расход стали и углеродной ленты FibARM Tape 230/300 и общая стоимость строительства при втором варианте армирования приведена в таблице 2.

Таблица 1 – Расход стали при армировании по расчету арматура класса А-III

Расход стали, кг	Общая стоимость строительства, тыс.тг
89232	43000

Таблица 2 – Расход стали при основном армировании по расчету арматурой класса А-III и дополнительного армирования углеволокном FibARM 230/300

Расход стали, кг (стоимость, тыс.тг)	Расход углеволокна FibARM Tape 230/300, м <sup>2</sup> (стоимость, тыс.тг)	Общая стоимость строительства, тыс.тг
64344 (20000)	1121 (16700)	36700

По результатам проведённого анализа и сравнения двух вариантов – первого (классического) и второго (с применением инновационного материала) был выбран второй вариант армирования, при этом экономия средств составила 6700 тыс. тг.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Мальганов, А. И.** Восстановление и усиление строительных конструкций аварийных и реконструируемых зданий. Атлас схем и чертежей/ А. И. Мальганов, В. С. Плевков, А. Н. Полищук. – Томск : Томский межотраслевой ЦНТИ, 1990. – 316 с.
- 2 **Курманов, А. К., Аскараров, Д. А.** Влияние уровня подземных вод при строительстве и реконструкции зданий и сооружений // Наука и техника Казахстана. – 2017. – № 1–2. – С. 20–24.
- 3 **Кудрышова, Б. Ч., Станевич, В. Т.** Производство строительных материалов на основе промышленных отходов как экологическая доминанта развития современной экономики // Наука и техника Казахстана. – 2014. – № 1–2. – С. 65–68.
- 4 **Арынгазин, К. Ш., Алдунгарова, А. К., Тлеулесов, А. К., Быков, П. О., Богомолов, А. В., Ларичкин, В. В., Ахымбеков, А. А.** Использование техногенных отходов в производстве строительных материалов // Строительство : новые технологии – новое оборудование. – 2018. – № 12. – С. 62–67.
- 5 **Польской, П. П., Маилян, Д. Р.** Композитные материалы – как основа эффективности в строительстве и реконструкции зданий и сооружений // Инженерный вестник Дона. – 2012. – № 4 (часть 2) [Электронный ресурс]. – URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1307](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1307).
- 6 **Хишмах, Мерват, Польской, П. П., Михуб, Ахмад** К вопросу о деформативности балок из тяжелого бетона, армированных стеклопластиковой и комбинированной арматурой // Эл. журнал «Инженерный вестник Дона». – 2012. – № 4. – С. 163–166.
- 7 **Смердов, Д. Н., Устинов, В. П., Яшнов, А. Н.** Перспективы применения неметаллической арматуры в железобетонных конструкциях // Наука, инновации, образование: актуальные проблемы развития транспортного комплекса России : Мат-лы Междунар. науч.-техн. конф. – Екатеринбург : Изд-во УрГУПС, 2006. – С. 258–260.
- 8 **Бокарев, С. А., Смердов, Д. Н., Устинов, В. П., Яшнов, А. Н.** Усиление пролетных строений с использованием композитных материалов // Путь и путевое хозяйство. – 2008. – № 6. – С. 30–31.
- 9 **Неровных, А. А.** Совершенствование методики оценки грузоподъемности железобетонных пролетных строений железнодорожных мостов, усиленных композиционными материалами. Автореф. к.т.н. – Новосибирск : СибГУПС, 2013. – 24 с.
- 10 **Маилян, Д. Р., Польской, П. П., Георгиев, С. В.** Методики усиления углепластиком и испытания коротких и гибких стоек // Научное обозрение. – 2014. – № 10. ч. 2. – С. 415–418.
- 11 СП 164.1325800.2014 Усиление железобетонных конструкций композитными материалами. Правила проектирования.
- 12 СНиП 2.01.07-85\* Нагрузки и воздействия.
- 13 ОДМ 218.3.027-2013 Рекомендации по применению тканевых композитных материалов при ремонте железобетонных конструкций мостовых сооружений.

Материал поступил в редакцию 27.02.19.

**Петлина Евгения Владимировна**

магистрант, «Өнеркәсіптік азаматтық және көлік құрылыс» кафедрасы, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: [evgeniya\\_petlina@mail.ru](mailto:evgeniya_petlina@mail.ru).

**Саканов Куандык Тимирович**

ғылыми жетекшісі, т.ғ.к., «Өнеркәсіптік азаматтық және көлік құрылыс» кафедрасының меңгерушісі, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасын, e-mail: [kuan\\_altei@mail.ru](mailto:kuan_altei@mail.ru)  
Материал баспаға 27.02.19 түсті.

**Құрамында көміртекті талшықты композитті материалдарды құрылыста қолдану**

*Мақалада гимараттарды жаңғыртуда заманауи материалдарды пайдалану сұрақтары қарастырылған, мысалы композиттік материалды – көмірсу талшықтары. Көмірсу талшықтарының негізгі сипаттамалары көрсетілген.*

*Конструкцияларды күшейтудің екі нұсқасы берілген: классикалық және көмірсу талшықтарын пайдалану. Болат элементтерін және сыртқы арматуралау түрлерімен конструкцияларда күшейтудің сызбалары қарастырылған.*

*Күшейту нұсқаларының салыстырма бағалары есептелген.*

*Кілтті сөздер: көмірсу талшықтар, композиттік материалды, жаңғыру, сырттан арматуралау.*

**Petlina Yevgeniya Vladimirovna**

undergraduate student, Department of «Industrial, Civil and Transport Construction», S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: [evgeniya\\_petlina@mail.ru](mailto:evgeniya_petlina@mail.ru).

**Sakanov Kuandyk Timirovich**

Cand.Sci.(Eng.), professor, Department of «Industrial, Civil and Transport Construction», S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: [kuan\\_altei@mail.ru](mailto:kuan_altei@mail.ru).

**Use of composite materials based on carbon fiber in the construction**

*The article deals with the reconstruction of buildings through the use of modern innovative technologies, in particular composite materials – carbohydrate fibers. The main characteristics of carbon fibers are given.*

*The results of comparison of two variants of strengthening the structure: the classic and the use of carbohydrate fibers are considered. Examples of structural reinforcement using steel elements and external reinforcement systems (carbon fiber) are given.*

*The results of the cost calculation of the considered options strengthening are given.*

*Keywords: carbon fiber, composite materials, reconstruction, external reinforcement.*

**Кудерин Марат Крыкбаевич**

д.т.н., профессор, декан, Архитектурно-строительный факультет,  
Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,  
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан,  
e-mail: marat\_kuderin@mail.ru.

**Бабиев Куаныш Даулетбекович**

магистрант, кафедра «Промышленное, гражданское и транспортное  
строительство», Архитектурно-строительный факультет,  
Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,  
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан,  
e-mail: karzhas@gmail.com.

### **АЛЮМОСИЛИКАТНАЯ МИКРОСФЕРА В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

*Рассмотрены причины потери тепла через ограждающие конструкции жилых зданий, и последствия потребления энергии, образованной сжиганием угля. Последствием сжигания угля являются ежегодные млн. т золошлаковых отходов, которые складываются в специальные золоотвалы. Золоотвалы, занимая огромные площади земли, загрязняют как атмосферный воздух, так и подземные грунтовые воды. Изучен ценный компонент, содержащийся в зола-уносе. Описан процесс образования микросферы и способ его извлечения из зола-уноса. Рассмотрены основные физико-химические свойства микросферы и применения его в различных отраслях промышленности. Приведены примеры использования микросфер для изготовления энергоэффективных строительных материалов.*

*Ключевые слова: алюмосиликатная микросфера; зола-унос; отходы; экология; энергоэффективность.*

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Вопросы энергосбережения и повышения энергоэффективности, в том числе в области строительства и эксплуатации зданий и сооружений, в настоящее время являются актуальными во всём мире. Это связано с ограниченностью энергоресурсов, высокой стоимостью энергии, негативным влиянием на окружающую среду, обусловленных её производством. Использование отходов от сжигания твёрдого топлива – это не столько вопрос экономии материальных ресурсов, сколько проблема возрастающего загрязнения окружающей среды и, следовательно, здоровья людей. Поэтому использование микросфер, содержащихся в составе золошлаковых отходов, в разработке энергоэффективных строительных материалов было бы одним из решений вышеуказанных актуальных задач.

#### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Жилищный сектор в Казахстане потребляет около 11–13 % электроэнергии и 40% произведённой тепловой энергии. По оценкам экспертов, теплотехнические характеристики 70 % зданий (особенно построенных в 1950–1980-е годы)

не соответствуют современным требованиям, из-за чего треть потребляемого ими тепла уходит из этих зданий через ограждающие конструкции [1]. В настоящее время к возводимым жилым домам предъявляются высокие требования в части энергосбережения и энергетической эффективности, о чем свидетельствуют принятые в 2012 году законы РК «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности» и «О внесении изменений и дополнений в некоторые законодательные акты Республики Казахстан по вопросам энергосбережения и повышения энергоэффективности», а также концепции развития топливно-энергетического комплекса РК до 2030 года и по переходу к «зелёной экономике». При эксплуатации жилого дома теплопотери через наружные стены составляют от 18 до 45 % от суммарных, включая потери тепловой энергии на инфильтрацию и вентиляцию [2–4].

Требования по тепловой защите ограждающих конструкций приведены в документах новой нормативной базы, действующих с 1 июля 2015 года: СН РК 2.04-04-2013 «Строительная теплотехника»; СН РК 2.04-03-2011 «Тепловая защита зданий»; СН РК 3.02-38-2013 «Энергосберегающие здания». Для удовлетворения этих требований необходимо создавать и использовать эффективные строительные материалы.

В Казахстане с ежегодным ростом строительства теплоснабжаемых зданий отмечается общая тенденция роста теплопотребления. Около 50 % котельных используют уголь, около 30 % работают на природном газе, а ещё 20% используют жидкое топливо [1]. Очевидно, что основным видом топливно-энергетических ресурсов Казахстана является уголь, который поставляется в основном из Экибастузского, Карагандинского и Кузнецкого месторождений. Уголь не сгорает бесследно, в процессе его сжигания образуется не только энергия, но и отходы. В Казахстане ежегодный выход золы и золошлаковых смесей при сжигании углей составляет около 19 млн. т, а в золоотвалах к настоящему времени накоплено более 300 млн. т отходов [5]. Они занимают огромные площади и негативно действуют на окружающую среду. К примеру, на золоотвале ТЭЦ-1 г. Павлодара с 1964 года заскладировано более 47,84 млн. т золошлаковых материалов (по состоянию на 01.01.2017 г.). Общая площадь карты золоотвала составляет 796,37 га с протяженностью по гребню дамбы золоотвала 12,78 км.

Исследованиями, проведёнными в Казахстане, России и за рубежом, доказано, что в золе ТЭС содержатся компоненты, обладающие ценными и уникальными технологическими свойствами, позволяющими эффективно использовать их во многих технологиях. Одним из наиболее ценных компонентов золы-уноса являются алюмосиликатные полые микросферы. В 1957 г. в Англии учёные обнаружили, что при сжигании углей в топках котлов из минеральных примесей образуются алюмосиликатные микросферы (далее АСМ) – лёгкий сыпучий мелкодисперсный порошок, состоящий из отдельных сферических полых прочных частиц [5–7] (рисунок 1).

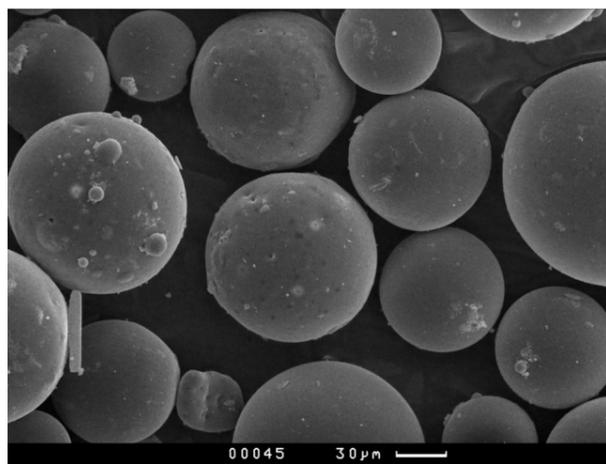


Рисунок 1 – Микрофотография АСМ

В разное время изучением микросфер из зол уноса занимались специалисты Англии, Индии, США, и к настоящему времени результатами их исследований стало развитие использования микросфер в качестве вторичного сырья. В Казахстане изучением микросфер из зол уноса должным образом не занимаются. Несомненно, что изучения и достижения отечественных учёных могли бы способствовать развитию применения микросфер в производстве и в инновационных технологиях. На сегодняшний день наша страна только экспортирует микросферы в страны СНГ и Европу.

Микросферы образуются в топках ТЭС, работающих на каменном угле. При сгорании угля под действием высоких температур (1300–1500 °С и выше) значительная часть негорючих частиц породы расплавляется и затем, проходя по дымоходам, затвердевает в процессе витания и свободного падения, образуя правильные стекловидные шарики с пузырьком газа в центре. Образующиеся в процессе горения микросферы выносятся топочными газами из высокотемпературной зоны, накапливаются в золоборнике ТЭС и смываются водой в золоотвалы. В прудах-отстойниках золоотвала в результате естественной флотации лёгкие микросферы всплывают на поверхность, тем самым самостоятельно отделяясь от других компонентов золы. Впоследствии микросфера собирается, сушится и просеивается. Это самый экономичный производственный способ получения микросфер в промышленных объёмах. Доля микросфер в золе может составлять от 0,1 до 3 % от массы золы-уноса и зависит от природы угля, его зольности, содержания минеральных примесей, образующих стеклофазу [8, 9].

Химический состав микросфер представлен в таблице 1 [10].

Таблица 1 – Химический состав АСМ

Оксиды	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>
Содержание, %	55-65	25-33	1-6	0,2-0,6	1-2	0,2-4	0,3-2	0,5-1

АСМ имеют следующий ряд свойств:

– низкая плотность. Насыпная плотность – 0,35–0,6 г/см<sup>3</sup>. Плотность материала стенок частиц – 2,4–2,5 г/см<sup>3</sup>. Размер частиц – 10–500 мкм. Толщина оболочки сферы – 10 % от диаметра.

– высокая текучесть. Благодаря форме частиц, микросферы как сыпучий материал обладают повышенной текучестью, что обеспечивает хорошее заполнение форм.

– низкая теплопроводность. Теплопроводность микросфер составляет 0,06-0,08 Вт/м·°С при 20 °С.

– прочность. Микросферы от трёх до десяти раз более прочны, чем большинство полых стеклянных сфер. В отличие от стеклянных сфер, микросферы имеют более высокий предел прочности при сжатии благодаря более прочной оболочке. Предел прочности на сжатие – 15–30 МПа.

– инертность. Благодаря химическому составу микросферы могут использоваться в растворителях, органических растворах, воде, кислотах или щелочах без потери свойств.

– термостойкость. Микросферы не теряют свойств до температур, превышающих 1000 °С. Температура плавления не ниже 1200 °С.

Литературные и практические данные о ресурсах микросфер позволяют сделать вывод, что микросферы из зол-уноса обладают рядом преимуществ в сравнении с известными легковесными материалами (асбест, керамзит, стеклянные микросферы, вспученный перлит и вермикулит). Эти достоинства состоят в следующем: высокая дисперсность обеспечивает создание гомогенных структур даже в тонких слоях материалов; возможность образования закрыто пористых полостей в материалах; низкая плотность; высокая прочность на изотропное сжатие; повышенная термостойкость и стойкость в агрессивных средах.

Любая техническая задача, где требуется снижение веса при низкой теплопроводности, высокой прочности и экономии объёма, повышенной устойчивости к эрозии и агрессивным средам может быть решена с применением АСМ.

Нефтегазовая промышленность: добавка микросфер к буровым растворам не только интенсифицирует процесс бурения скважин, но и существенно увеличивает срок службы бурового оборудования. Кроме этого, наполнение цементных растворов микросферами позволяет получить безусадочный, теплоизолирующий, быстро твердеющий материал, обеспечивающий надёжную связь пласта с обсадными трубами.

Огнеупорная промышленность: производство легковесов, шамотные изделия.

Строительство: сверхлёгкие бетоны, сухие строительные смеси, известковые растворы, жидкие растворы, цементы, штукатурка, покрытия, изоляционные кровельные покрытия и звукозащитные материалы [11, 12].

Керамика: огнеупорные материалы, лёгкие огнеупоры, покрытия, изоляционные материалы, абразивные высокопористые материалы.

Пластмассы: нейлоновые, полиэтиленовые, полипропиленовые и др. материалы различных плотностей, синтактические пены.

Машиностроение: композиты, ремонтные шпатлевки, шины, бамперы и панели, комплектующие, звукозащитные материалы, грунтовки. Плавсредства, спортивный инвентарь, подошвы для обуви.

Химическая промышленность: дробильные материалы, пеногасители, катализаторы [13].

Одним из решений проблемы повышения энергоэффективности стеновых материалов является разработка эффективного конструкционно-теплоизоляционного материала на основе АСМ с повышенной прочностью и пониженной теплопроводностью при эксплуатационном увлажнении. Высокая термостойкость АСМ (1200 °С) делает возможным их использование в составе керамических обжиговых материалов. Разработанные керамические кирпичи и камни соответствуют требованиям ГОСТ 530-2012 и относятся к группе повышенной эффективности по теплотехническим характеристикам [10].

Снижение средней плотности и теплопроводности кладочных растворов, как правило, достигается за счёт введения в состав раствора облегчающего заполнителя. Традиционно используемые в качестве таких заполнителей вспученные перлитовые и вермикулитовые пески, гранулированный пенополистирол и керамзит не позволяют получить растворы с необходимой средней плотностью, высокой прочностью и одновременно низкой теплопроводностью. Рядом исследователей обоснована возможность применения полых АСМ в качестве облегчающего заполнителя для строительных тёплых растворов [14].

#### ВЫВОДЫ

Решение вопросов энергосбережения, оптимизации затрат и расходов энергии являются не только задачей из области техники и технологий производства и применения строительных материалов. Важными аспектами этого направления являются сокращение потребления невозобновляемых энергоносителей, снижение отрицательной нагрузки на окружающую среду, связанной с выбросом продуктов сгорания топлива, равно как и других воздействий. Для этого необходимо в нашей стране приложить большие усилия в изучении и разработке изготовления энергоэффективных строительных материалов на основе АСМ.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Обзор государственной политики Республики Казахстан в области энергосбережения и повышения энергоэффективности / Секретариат Энергетической Хартий и Ассоциация KAZENERGY. – Брюссель, 2014. – 225 с.

2 **Вылегжанин, В. П., Пинскер, В. А.** Эффективность ячеистых бетонов в ограждающих конструкциях. В кн. : Ячеистые бетоны в строительстве. – СПб. : ООО «Стройбетон», 2008. – С. 35–37.

3 **Ливчак, В. И.** Ещё один довод в пользу повышения теплозащиты зданий // Энергосбережение. – 2012. – № 6. – С. 14–20.

4 **Бакунин, Е. И.** Анализ способов энергосбережения и повышения энергоэффективности жилых зданий // Известия ТулГУ. Науки о Земле. – 2011. – № 1. – С. 41–46.

5 **Ниязбекова, Р. К.** Перспектива использования золошлаковых отходов в области жаростойких материалов // Проблемы строительного производства и управления недвижимостью : сборник трудов IV международной научно-практической конференции (23–24 ноября 2016 г.) – Кемерово, 2016. – С. 50–53.

6 **Ниязбекова, Р. К.** Изучение золошлаковых отходов с целью использования в области жаростойких материалов // Проблемы строительного производства и управления недвижимостью : сборник трудов IV международной научно-практической конференции (23–24 ноября 2016 г.) – Кемерово, 2016. – С. 54–57.

7 **Кизильштейн, Л. Я.** Следы угольной энергетики // Наука и жизнь. – 2008. – № 5.

8 **Исмагилов, З. Р.** Исследование алюмосиликатных микросфер из золы-уноса электростанций, использующих угли Кузбасса // Химия твёрдого топлива. 2015. № 4. – С. 49–57.

9 **Кизильштейн, Л. Я.** Полезная зола // Химия и жизнь. – 2011. – № 3. – С. 26–27.

10 **Жуков, А. Д.** Повышение энергоэффективности стеновых конструкций за счет материалов на основе алюмосиликатных микросфер // Вестник МГСУ. – 2014. – № 7. – С. 93–98.

11 **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.

12 **Арынгазин, К. Ш., Алдунгарова, А. К., Тлеулесов, А. К., Быков, П. О., Богомолов, А. В., Ларичкин, В. В., Ахымбеков, А. А.** Использование техногенных отходов в производстве строительных материалов // Строительство : новые технологии – новое оборудование. – 2018. – № 12. – С. 62–67.

13 Область применения микросфер. [Электронный ресурс]. – URL: [http://inoteck.net/mikrosfery\\_-\\_primeneniye](http://inoteck.net/mikrosfery_-_primeneniye) (Дата обращения 15.01.2019).

14 **Пашкевич, А. А.** Эффективные цементные штукатурные растворы с полыми стеклянными микросферами : дис. канд. техн. наук : 05.23.05 / Пашкевич Анастасия Александровна. – М., 2007. – 133 с.

Материал поступил в редакцию 27.02.19.

***Кудерин Марат Крыкбаевич***

т.ғ.д., профессор, декан, Сәулет-құрылыс факультеті,  
С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,  
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы,  
e-mail: marat\_kuderin@mail.ru.

***Бабиев Куаныш Даулетбекович***

магистрант, «Өнеркәсіптік, азаматтық және көлік құрылысы» кафедрасы,  
Сәулет-құрылыс факультеті, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік  
университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы,  
e-mail: karzhas@gmail.com.

Материал баспаға 27.02.19 түсті.

**Ғимараттар мен құрылыстардың энергия үнемдеу және энергия тиімділігін арттыру мақсатындағы алюмосиликатты микросфера**

*Тұрғын үй ғимараттарының қоршау құрылымдары арқылы жылу жоғалуының себептері және көмірмен өндірілетін энергияны тұтыну салдары қарастырылды. Арнайы күл үйінділерінде жылына миллион тонналап жиналатын күлқоже қалдықтары көмірді жағудың салдары болып табылады. Жердің кең аумақтарын иеленетін күл үйінділері атмосфералық ауаны да, жер асты суларын да ластайды. Ұша күліндегі бағалы компонент зерттелді. Микросфераның қалыптасу процесі және ұша күлден оны алу әдісі сипатталды. Микросфераның негізгі физика-химиялық қасиеттері және оны әртүрлі өндірістерде қолдану қарастырылды. Энергияға тиімді құрылыс материалдарын өндіруге арналған микросфераларды қолдану мысалдары келтірілді.*

*Кілтті сөздер: алюмосиликатты микросфера; ұша күл; қалдықтар; экология; энергия тиімділігі.*

***Kuderin Marat Krykbaevich***

Doctor of Technical Sciences, professor, Dean, Faculty of Architecture  
and Construction, S. Toraihyrov Pavlodar State University,  
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan,  
e-mail: marat\_kuderin@mail.ru;

***Babiyev Kuanysch Dauletbekovich***

undergraduate student, Department of «Industrial,  
Civil and Transport Construction», Faculty of Architecture and Construction,  
S. Toraihyrov Pavlodar State University,  
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan,  
e-mail: karzhas@gmail.com

Material received on 27.02.19.

**Aluminosilicate microsphere in solving the tasks of energy saving  
and enhancing the energy efficiency of buildings and structures**

*The causes of heat loss through the enclosing structures of residential buildings, and the consequences of the consumption of energy produced by burning coal are considered. The consequence of coal combustion is the annual million tons of ash and slag waste, which is stored in special ash dumps. The ash dumps, occupying vast areas of land, pollute both atmospheric air and groundwater. Studied valuable component contained in fly ash. The process of microsphere formation and the method of its extraction from fly ash are described. The main physicochemical properties of the microsphere and its application in various industries are considered. Examples of the use of microspheres for the manufacture of energy-efficient building materials are given.*

*Keywords: aluminosilicate microsphere; fly ash; waste; ecology; energy efficiency.*

**ФЛАГМАН ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ**

Машиностроение, как ведущая отрасль промышленности, определяет уровень и темпы индустриализации мирового хозяйства в целом и каждой страны в отдельности.

Машиностроение – главная по числу занятых, по стоимости продукции и соответственно по доле во всем промышленном производстве отрасль современной промышленности. На развитие машиностроения всегда оказывал сильное влияние научно-технический прогресс, который радикально изменил всю структуру отрасли, её систему организации и управления. Как следствие, машиностроение – наиболее наукоемкая отрасль всей индустрии с самой высокой долей выпускаемой инновационной продукции. Эта продукция – материальный носитель всех возможных для практического применения достижений НТР.

В целях реализации Республиканской карты индустриализации на 2015–2019 годы в Павлодарской области успешно сформирован железнодорожный кластер, предусматривающий выпуск широкого спектра продукции для железнодорожного транспорта и верхнего строения пути.

Для оказания консалтинговых услуг предприятиям в железнодорожном и машиностроительном секторах экономики Казахстана, организована Компания с инфраструктурными функциями ТОО «Railways Systems KZ» (Реилвэйс Системс КЗ). Данный подход позволяет объединять колоссальные производственные мощности для выполнения серьезных проектов.

Хотелось бы подробнее остановиться на Экибастузских предприятиях – ТОО «Проммашкомплект» и ТОО «R.W.S. Wheelset». В настоящее время они вносят весомый вклад в экономику Казахстана, производя высококачественные и высокотехнологичные изделия с использованием самых передовых технологий и оборудования.

В 2011 году на месте нынешнего завода ТОО «Проммашкомплект» были лишь пустующие цеха заброшенного когда-то ремонтно-механического завода и уже в июле 2012 года Президентом Казахстана Нурсултаном Назарбаевым, в рамках республиканской карты индустриализации, был запущен в эксплуатацию завод ТОО «Проммашкомплект».



Рисунок 1

Являясь участником программы форсированного индустриально-инновационного развития, ТОО «Проммашкомплект» не просто уникальное предприятие, оно призвано стать флагманом производства оборудования для железнодорожного транспорта. Внедрение гибкого автоматизированного производства сводит к минимуму влияние «человеческого» фактора. На сегодняшний день предприятием освоено сертифицированное производство стрелочных переводов, железнодорожных колес.



Рисунок 2

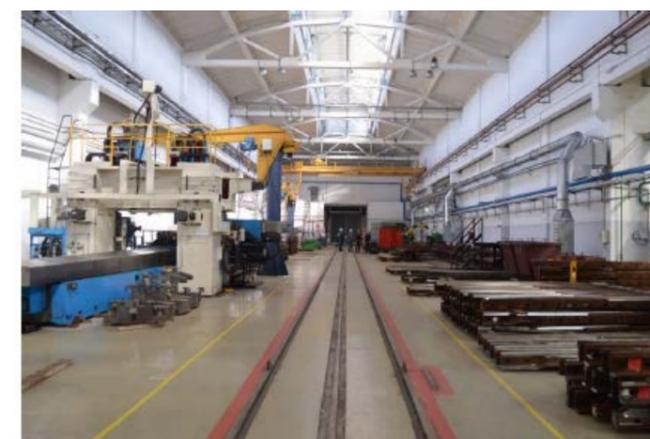


Рисунок 3

В 2015 году при поддержке правительства Республики Казахстан, в тесном сотрудничестве с европейскими производителями оборудования на производственной площадке ТОО «Проммашкомплект» дан старт строительству современного высокотехнологичного комплекса по производству цельнокатанных колес, который уже введен в эксплуатацию, что позволит производить широкий спектр типоразмеров цельнокатанных колес для пассажирского и грузового железнодорожного транспорта, метрополитена и городского рельсового

транспорта. Высокая степень автоматизации и энергосберегающие технологии позволяют значительно повысить коэффициент внутреннего содержания в конечной продукции предприятия, дают возможность вывести его в лидеры отрасли и стать предпочтительным партнером на международном рынке.



Рисунок 4

Не менее важную роль в развитии машиностроительной отрасли занимает предприятие ТОО «R.W.S. Wheelset», которое специализируется по выпуску чистовых железнодорожных осей и колесных пар в Республике Казахстан. В рамках государственной программы индустриально-инновационного развития «Новая индустриализация» в июле 2016 года осуществлен запуск комплекса высокотехнологичного обрабатывающего и измерительного оборудования предприятия, систем манипуляции и автоматизации производственных процессов, который достиг показателей проектной мощности в январе 2017 года.

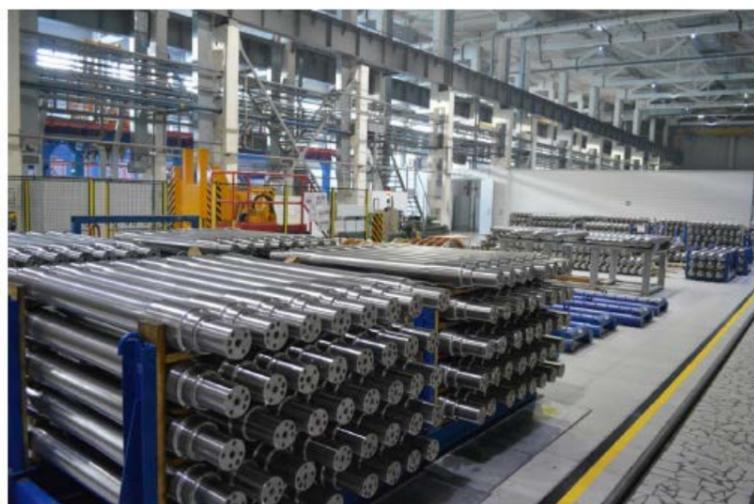


Рисунок 5



Рисунок 6

Предприятия ТОО «Проммашкомплект» и ТОО «R.W.S. Wheelset» занимаются выпуском продукции, не имеющей аналогов в Казахстане и странах центральной Азии. Технологические процессы на предприятиях осуществляются станками лучших производителей мира – Австрии, Беларуси, Германии, Италии, России, Украины и Швейцарии, благодаря чему создано крупное производство продукции для железной дороги.

Высокая степень автоматизации и энергосберегающие технологии позволяют значительно повысить коэффициент внутреннего содержания в конечной продукции этих предприятий, дают возможность вывести их в лидеры отрасли и стать предпочтительным партнером на международном рынке.

Их основными потребителями являются: АО «НК «Казахстан темир жолы», АО «КазТемирТранс», ТОО «Камкор Вагон», ТОО «Камкор Локомотив», АО «Ақмолинский вагоноремонтный завод», Казахстанская вагоностроительная компания.

Таким образом, сформированный железнодорожный кластер, полностью обеспечивает потребности Казахстанской железной дороги. Для дальнейшего его развития и обслуживания дорогостоящего, не имеющего аналогов, оборудования – необходимы высококвалифицированные кадры.

В этих рамках предприятия учувствуют в программе внедрения дуального обучения на своих производственных базах, при сотрудничестве с учебными заведениями Казахстана.

На протяжении нескольких лет предприятие сотрудничает с Павлодарским государственным университетом имени С. Торайгырова. Силами предприятий ТОО «Проммашкомплект» и ТОО «R.W.S. Wheelset» в Павлодарском государственном университете имени С. Торайгырова создана учебная аудитория, которая представляет собой современно оборудованную аудиторию, оснащенную учебным оборудованием, оргтехникой и наглядными пособиями. В единстве с

техническими инновациями, светлая и просторная учебная аудитория, позволяет создать насыщенную информационную среду, необходимую для успешного изучения учебного материала.



Рисунок 7



Рисунок 8



Рисунок 9

Постоянно ведется профориентационная работа специалистами предприятий, которые принимают участие в классных часах, общешкольных родительских собраниях, круглых столах, сдаче итоговых экзаменов и защите дипломных

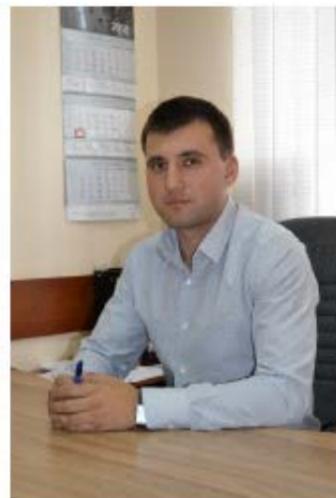
проектов (работ). Организуются экскурсии со школьниками, их родителями, студентами и преподавателями, так как подготовка специалиста высокой квалификации предполагает формирование определенных профессиональных компетенций, включающих в себя знания и умения по разработке, освоению новых и модернизации действующих технологических процессов в машиностроении.

На предприятиях ТОО «Проммашкомплект» и ТОО «R.W.S. Wheelset» трудятся немало выпускников, получивших высшее образование или окончивших магистратуру в Павлодарском государственном университете. Например, такими выпускниками являются: Кондратенко Алексей Васильевич, Дычко Иван Николаевич, Болаткулов Даниэль Дамирович и многие другие.

На производство в ТОО «Проммашкомплект», Кондратенко Алексей Васильевич, пришёл в октябре 2012 года по рабочей профессии. Почувствовав себя частью зарождающегося производства, постоянно совершенствовал свои знания и к декабрю 2014 года вырос до начальника участка. В настоящее время охотно делится своим опытом с молодежью, являясь наставником практик и участвуя в запуске новой линии производства.



Рисунок 10



Трудовая деятельность Дычко Ивана Николаевича по освоению нового производства в машиностроительной отрасли началась с августа 2012 года, в качестве мастера участка стрелочного производства. Выполняя своевременно и качественно производственные задания – вырос до начальника участка, а заняв должность заместителя начальника цеха – стал координировать работу начальников производственных участков и цеховых служб. Трудолюбие, работоспособность и профессионализм привели к дальнейшему карьерному росту, и сегодня, Иван Николаевич – заместитель директора по производству в ТОО «R.W.S. Wheelset».



Болаткулов Даниэль Дамирович начинал свою карьеру начальником производственного отдела стрелочного производства и уже в 2015 году приступил к обязанностям Директора стрелочного производства. Опыт работы в ТОО «Проммашкомплект» послужил трамплином для Даниэля Дамировича и сегодня он трудится уже в качестве Генерального директора ТОО «ПРОМТРАНС(PROMTRANS)».

В связи с постоянным внедрением новых методик и появлением современных изобретений, специалисты, участвующие в технологическом процессе машиностроительного производства, считаются наиболее перспективными. Они имеют массу возможностей для успешного профессионального роста, что открывает перед ними новые перспективы в построении карьеры.

Специалисты предприятий готовы делиться своим опытом с выпускниками ВУЗов и уверены, что в дальнейшем они будут играть ведущую роль в развитии машиностроительной отрасли Казахстана.

**ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ  
НАУЧНОГО ЖУРНАЛА ШГУ 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 / KIPICE / 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 / NEGIZG BÖLİM / 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).

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.

Самцитирование не должно превышать 15-20%.

Если работа была издана на нескольких языках, то лучше предоставлять ссылку на английский вариант.

11 **Иллюстрации, перечень рисунков** и подрисовочные 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**

**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 «Песнабанк» ИИК KZ57998FTB0000003310 БИК TSESKZKA КБЕ 16 Код 16 КНП 861	АО «Народный Банк Казахстана» ИИК KZ156010241000003308 БИК HSBKZZKX КБЕ 16 Код 16 КНП 861

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.

**Сиюнч 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

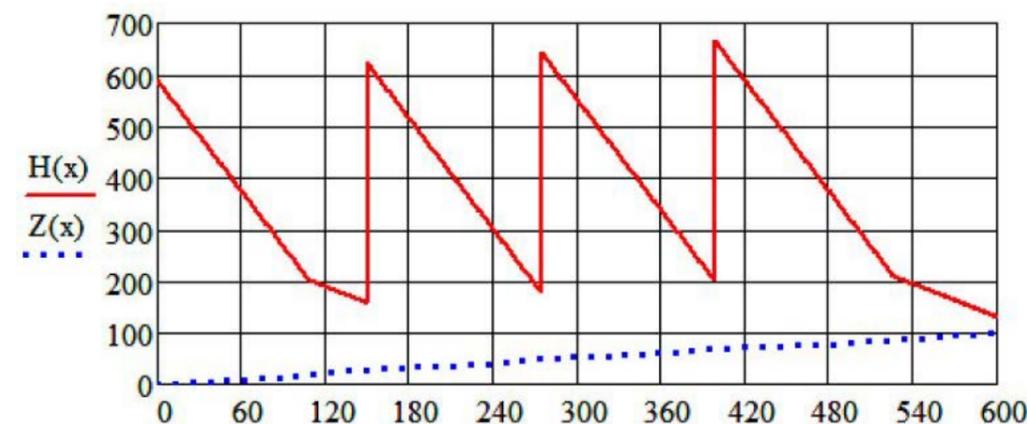


Рисунок 1 – Расстановка четырёх НПС на МН с двумя лупингами

**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-сцепных 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, rvladvit@yandex.kz.

**Сиюнч Руслан Нуртаевич**

дайын өнім мен шикізатты есептеу операторы, «УПНК-ПВ» ЖШС, Павлодар қ., Қазақстан Республикасы, 140000, 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 профилі, 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.*

Теруге 27.02.2019 ж. жіберілді. Басуға 11.03.2019 ж. қол қойылды.

Форматы 297\*420/2. Кітап-журнал қағазы.

Шартты баспа табағы 6,6. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген Д. А. Жумабекова

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

Тапсырыс № 3418

«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