

**ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ  
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ**

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА**

---

**ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫ  
МЕН ТЕХНИКАСЫ**

2001 ЖЫЛДАН БАСТАП ШЫҒАДЫ



**НАУКА И ТЕХНИКА  
КАЗАХСТАНА**

ИЗДАЕТСЯ С 2001 ГОДА

ISSN 2788-8770

№ 3 (2022)

---

**ПАВЛОДАР**

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТ**  
выходит 1 раз в квартал

**СВИДЕТЕЛЬСТВО**

о постановке на переучет периодического печатного издания,  
информационного агенства и сетевого издания  
№ KZ51VPY00036165

выдано  
Министерством информации и общественного развития  
Республики Казахстан

**Тематическая направленность**

Публикация научных исследований по широкому спектру проблем  
в области металлургии, машиностроения, транспорта, строительства,  
химической и нефтегазовой инженерии, производства продуктов питания

Подписной индекс – 76129

<https://doi.org/10.48081/KWJR9225>

Импакт-фактор РИНЦ – 0,342

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

**Члены редакционной коллегии:**

Калиакпаров Алтай Гиндуллинович – д.т.н., профессор (Нур-Султан, Казахстан);  
Клецель Марк Яковлевич – д.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);  
Шеров Карибек Тагаевич – д.т.н., профессор (Караганда, Казахстан);  
Богомолов Алексей Витальевич – к.т.н., ассоц. профессор (Павлодар, Казахстан);  
Кажыбаева Галия Тулеуевна – к.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);  
**Зарубежные члены редакционной коллегии:**  
Baigang Sun – профессор (Пекин, Китай);  
Gabriele Comodi – PhD, профессор (Анкона, Италия);  
Jianhui Zhao – профессор (Харбин, Китай);  
Khamid Mahkamov – д.т.н., профессор (Ньюкасл, Великобритания);  
Magin Laruerta – д.т.н., профессор (СьюДад Реал, Испания);  
Mareks Mezitis – д.т.н., профессор (Рига, Латвия);  
Petr Bouchner – PhD, профессор (Прага, Чехия);  
Ronny Berndtsson – профессор (Лунд, Швеция);  
Барзов Александр Александрович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);  
Витвицкий Евгений Евгеньевич – д.т.н., профессор (Омск, Россия);  
Иванчина Эмилия Дмитриевна – д.т.н., профессор (Томск, Россия);  
Лазарев Владислав Евгеньевич – д.т.н., профессор (Челябинск, Россия);  
Мягков, Леонид Львович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);  
Янюшкин Александр Сергеевич – д.т.н., профессор (Чебоксары, Россия);  
Ребезов Максим Борисович – д.с/х.н., профессор (Москва, Россия).

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели  
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов  
При использовании материалов журнала ссылка на журнал «Наука и техника Казахстана» обязательна

© Торайгыров университет

**МАЗМҰНЫ**

**МАШИНА ЖАСАУ**

**Барзов А. А., Пузаков В. С., Кузнецов А. В.**  
Энергия экстремалды гидроқұрылыстың әсерінен материалдардың  
эрозия процесінің ықтималды моделі 9

**Денчик А. И., Мусина Ж. К., Касенов А. Ж.,  
Кусаинов Р. Б., Мусина Л. Р.**  
Технологиялық тұқым қуалаушылық факторын ескере отырып,  
дәйекті екі есе технологиялық әсер ету кезінде ақауларды бөлудің  
ықтималдық моделі 22

**Джомартов А. А., Тулешов А. К.**  
Тростық параллель роботы 37

**Абишев К. К., Муканов Р. Б., Маздубай А. В.**  
АРМ FEM-де жинақталған кескіш бастиегін беріктікке есептеу 48

**Абильмажинов Е. Т., Орманбеков К. Д.**  
Политетрафторэтиленді модификациялау әдістері және материалдық  
қасиеттерін арттыру үшін электронды сәулеленуді қолдану тиімділігі 60

**МЕТАЛЛУРГИЯ**

**Джаксымбетова М. А., Канаев А. Т.,  
Киргизбаева К. Ж., Каршалова Д. Г.**  
Сортты прокат өндірісі технологиясын талдау 67

**Аубакиров А. М., Калиакпаров А. Г., Толымбекова Л. Б.,  
Капелюшин Ю. Е., Ким С. В.**  
Кокстың арнайы түрлерін өндіруге арналған шикізат базасының  
сапасын талдау және бағалау 76

**Бегалиев Р. А., Шабенов К. К.**  
Үздіксіз құйылған болат құбыр дайындамаларының  
макроқұрылымын жақсарту 86

**Каменов А. А., Богомолов А. В., Рыспаев Т. А., Быков П. О.,  
Суюндиков М. М.**  
Анодтарды бөлшектеу кезіндегі шойын құймасын жүктеуді  
имитациялық үлгілеу 96

**Олейникова. Н. В.**  
Қазақстан Республикасындағы электрондық қалдықтарды  
қайта өңдеу жағдайы және болашағы 103

**ҚҰРЫЛЫС**

**Саканов К. Т., Маханов С. Н, Бекшек М. Қ., Еркен Д. М.**  
Бетон қоспасындағы резеңке үгінділерінің  
жол дыбысына әсері 111

**КӨЛІК****Байгереев С. Р.**

Сынақтардан кейін көлік құралының роликті тежегіш тірегінен дербес шығуының математикалық моделі 118

**Каббасов Б. Д.**

Автомобильдердің газбаллонды жабдықтарын техникалық пайдалануды жетілдіру 130

**Витвицкий Е. Е., Галактионова Е. С.**

Қалалық жағдайларда жүктерді тасымалдау технологиясын таңдау дәлелдемесі 140

**Ярославцев М. В.**

Қолданылған желілерді кеңейту кезіндегі қалалық электр көлігін энергиямен қамтамасыз етудің әдістерін салыстырмалы талдау 149

**ХИМИЯ ЖӘНЕ МҰНАЙ-ГАЗ ИНЖЕНЕРИЯСЫ****Шеповалов П. П., Штыка О., Елубай М. А.**

Құрылыс материалдарын өндіру кезінде қайта өңдеуге қиын қалдықтарды пайдалану 160

Авторлар туралы ақпарат 168

Авторларға арналған ережелер 178

Жарияланым этикасы 188

**СОДЕРЖАНИЕ****МАШИНОСТРОЕНИЕ****Барзов А. А., Пузаков В. С., Кузнецов А. В.**

Вероятностная модель процесса эрозии материалов при энергоэкстремальном гидроструйном воздействии 9

**Денчик А. И., Мусина Ж. К., Касенов А. Ж.,****Кусаинов Р. Б., Мусина Л. Р.**

Вероятностная модель распределения дефектов при последовательном двукратном технологическом воздействии с учетом фактора технологической наследственности 22

**Джомартов А. А., Тулешов А. К.**

Тросовый параллельный робот 37

**Абишев К. К., Муканов Р. Б., Маздубай А. В.**

Прочностной расчёт сборной резцовой головки в APM FEM 48

**Абильмажинов Е. Т., Орманбеков К. Д.**

Методы модификации политетрафторэтилена и эффективность электронного облучения для повышения свойств материала 60

**МЕТАЛЛУРГИЯ****Джаксымбетова М. А., Канаев А. Т.,****Киргизбаева К. Ж., Каршалова Д. Г.**

Анализ технологии производства сортового проката 67

**Аубакиров А. М., Калиакпаров А. Г., Толымбекова Л. Б.,****Капелюшин Ю. Е., Ким С. В.**

Анализ и оценка качества сырьевой базы для производства специальных видов кокса 76

**Бегалиев Р. А., Шабенов К. К.**

Улучшение макроструктуры стальных трубных непрерывнолитых заготовок 86

**Каменов А. А., Богомолов А. В., Рыспаев Т. А., Быков П. О.,****Суюндиков М. М.**

Имитационное моделирование нагружения чугуновой заливки в процессе демонтажа анодов 96

**Олейникова Н. В.**

Состояние и перспективы переработки электронных отходов в Республике Казахстан 103

**СТРОИТЕЛЬСТВО****Саканов К. Т., Маханов С. Н., Бекшек М. Қ., Еркең Д. М.**

Влияние частиц резиновой крошки в составе бетонной смеси на дорожный шум 111

**ТРАНСПОРТ****Байгереев С. Р.**

Математическая модель самостоятельного выезда автотранспортного средства с роликового тормозного стенда после испытаний 118

**Каббасов Б. Д.**

Совершенствование технической эксплуатации газобаллонного оборудования автомобилей 130

**Витвицкий Е. Е., Галактионова Е. С.**

Обоснование выбора технологии перевозки грузов в городских условиях 140

**Ярославцев М. В.**

Сравнительный анализ способов энергоснабжения городского электрического транспорта при продлении существующих линий 149

**ХИМИЧЕСКАЯ И НЕФТЕГАЗОВАЯ ИНЖЕНЕРИЯ****Шеповалов П. П., Штыка О., Елубай М. А.**

Применение трудноутилизуемых отходов во время производства строительных материалов 160

Сведения об авторах 168

Правила для авторов 178

Публикационная этика 188

**CONTENTS****MECHANICAL ENGINEERING****Barzov A. A., Puzakov V. S., Kuznetsov A. V.**

Probabilistic model for extreme-energy hydrojet impact process of material erosion 9

**Denchik A. I., Mussina Zh. K., Kasenov A. Zh.,**

**Kussainov R. B., Mussina L. R.**  
Robabilistic model of defect distribution with sequential twofold technological impact taking into account the factor of technological heredity 22

**Jomartov A. A., Tuleshov A. K.**

Wire parallel robot 37

**Abishev K. K., Mukanov R. B., Mazdubay A. V.**

Strength calculation of combined tool head in APM FEM 48

**Abilmazhinov Y. T., Ormanbekov K. D.**

Methods of modification of polytetrafluoroethylene and the effectiveness of the use of electronic radiation to increase material properties 60

**METALLURGY****Dhaksymbetova M. A., Kanaev A. T., Kirgizbaeva K. Zh.,**

**Karshalova D. G.**  
Analysis of production technology long products 67

**Aubakirov A. M., Kaliakparov A. G., Tolymbekova L. B.,**

**Kapelyushin Yu. E., Kim S. V.**  
Analysis and evaluation of the quality of the raw material base for the production of special types of coke 76

**Begaliev R. A., Shabenov K. K.**

Improvement of the macrostructure of steel pipe continuous cast blanks 86

**Kamenov A., Bogomolov A., Ryspaev T., Bykov P., Suyundikov M.**

Simulation modeling of loading of cast iron casting in the process of dismantling anodes 96

**Oleinikova N. V.**

Status and prospects of metallurgical processing of electronic waste in Kazakhstan 103

**CONSTRUCTION****Sakanov K. T., Makhanov S. N., Bekshek M. K., Erken D. M.**

Influence of crumber rubber particles in concrete mixture on road noise 111

**TRANSPORT**

<b>Baigereyev S. R.</b> Mathematical model of independent departure of a vehicle from a roller brake stand after tests	118
<b>Kabbassov B. D.</b> Improvement of technical operation of gas cylinder equipment of cars	130
<b>Vitvitsky E. E., Galaktionova E. S.</b> Rationale for the choice of technology for cargo transportation in urban conditions	140
<b>Yaroslavtsev M. V.</b> The comparison of energy supply methods for city electric transit while extending existing routes	149

**CHEMICAL AND OIL AND GAS ENGINEERING**

<b>Shepovalov P. P., Shtyka O., Yelubai M. A.</b> The use of heavily recyclable waste during the production of building materials	160
Information about the authors	168
Rules for authors	178
Publication ethics	188

**МАШИНОСТРОЕНИЕ**

МРНТИ 55.01.81

<https://doi.org/10.48081/ZFSP1647>**А. А. Барзов<sup>1</sup>, \*В. С. Пузаков<sup>2</sup>, А. В. Кузнецов<sup>3</sup>**<sup>1</sup>Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Российская Федерация, г. Москва;<sup>2</sup>ООО «Бюро Энергетика», Российская Федерация, г. Раменское;<sup>3</sup>Филиал АО «ОДК» «НИИД», Российская Федерация, г. Москва**ВЕРОЯТНОСТНАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ЭРОЗИИ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ЭНЕРГОЭКСТРЕМАЛЬНОМ ГИДРОСТРУЙНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ**

Предложена вероятностная модель интенсивности процесса эрозионного разрушения поверхностного слоя материала при действии на него энергоэкстремальной гидроструи. Описана принципиальная схема практического определения физически-обусловленных характеристик сопротивляемости материала объекта исследований появлению поверхностных технологических дефектов и их развитию до критических значений в процессе эксплуатации. Представлена концепция ускоренного определения трудноидентифицируемых параметров состояния поверхностного слоя исследуемого объекта (например концентрация субмикрододефектов, характеризующих состояние материала изделия) путём анализа информативных признаков энергоэкстремальной гидроструйной эрозии (ЭГЭ), в первую очередь, макро- и микротопографии поверхности локально сформированной гидрокаверны и масс-геометрического распределения эродированных при её образовании частиц. Экспериментальная верификация информационно-диагностических признаков модели обеспечивает возможность оперативного определения параметров материала, которые характеризуют его эксплуатационно-технологические свойства, в том числе с учётом их случайных отклонений. Эти трудноопределяемые параметры состояния конструкционных материалов необходимы для повышения достоверности различных функционально-ресурсных расчётов, в первую очередь для изделий повышенной надёжности. Дальнейшее развитие предложенной методики и более детальное вероятностно-формализованное описание процесса ЭГЭ и его функционально-физических результатов, позволит реализовать возможность малоинвазивной диагностики состояния материала объекта анализа и/или изучения тонких механизмов формирования его поврежденности, в первую очередь с учётом фактора эксплуатационно-технологической наследственности.

Ключевые слова: диагностика свойств материалов, энергоэкстремальная гидроструйная эрозия, напряженно-деформированное состояние, теоретическая вероятностная модель, наследственность

**Введение**

Процесс интенсивной эрозии поверхностного слоя материала под действием энергоэкстремальной гидроструи (ЭГС) является физической основой различных операционных технологий, в первую очередь сложно-профильного раскроя листовых заготовок и очистки поверхностей изделий от трудноудаляемых наслоений типа следов коррозии или накипи [1, 2]. В последнее время этот процесс предложено использовать для получения уникальных нано- и микросуспензий, формируемых на основе диспергируемых ЭГС частиц материала твердотельной мишени [3], а также как средства экспресс-определения физико-механических свойств (ФМС) поверхностного слоя объекта исследования, например степени его поврежденности [4, 5]. Поэтому разработка моделей, связывающих информативно-диагностические признаки, главным образом масс-геометрические характеристики массива эродируемых ЭГС частиц материала-мишени, с параметрами его функционального состояния и режимами эрозионного воздействия гидроструи является актуальной научно-прикладной задачей.

Выполненные в этом направлении исследования, представленные, например в классических работах [6, 7], не в полном объеме учитывают реально существующий локальный разброс и/или микроанизотропию ФМС материалов, которые оказывают значимое влияние на кинетику протекания процесса энергоэкстремальной гидроструйной эрозии (ЭГЭ) и, как следствие, на его результирующие характеристики в виде масс-геометрического распределения эродированных ЭГС частиц материала поверхностного слоя объекта исследования. В связи с этим вероятностная формализация степени влияния параметров нестабильности свойств материала, подвергнутого действию ЭГС, на отличительные физические признаки процесса ЭГЭ может оказаться весьма полезной, как инструмент получения дополнительной контрольно-диагностической и/или научно-исследовательской информации о параметрах функционального качества поверхностного слоя самых различных объектов анализа (ОА) на ключевых этапах их жизненного цикла.

**Материалы и методы**

С физической точки зрения единичный акт ЭГЭ, состоящий в отделении от поверхности материала твердотельной мишени дисперсной частицы под действием ЭГС определяется как результирующая совокупность двух симультанно-взаимосвязанных процессов:

- дискретно-кинетического формирования эродированной частицы, имеющей соответствующий характерный размер;
- временем, за которое произошло отделение данной дисперсной частицы от исходной поверхности.

Следует подчеркнуть, что основным фактором, влияющим на эти характеристики ЭГЭ, анализ которых позволяет оценить масс-геометрическую кинетику данного процесса и рассчитать его интенсивность, является наличие определенных несовершенств, например субмикро- и микротрещин в поверхностном слое твердотельной мишени в зоне воздействия на него ЭГС. Тогда, следуя логике математической формализации степени влияния

масштабного фактора [8, 9] на возможность наличия потенциально опасного дефекта в рассматриваемом объеме материала вероятность его появления в поверхностном слое ОА толщиной  $h$  будет определяться как:

$$P(h)=1-\exp(-\beta h) \quad (1)$$

где  $P(h)$  – вероятность наличия потенциально опасного, функционально значимого для кинетики протекания процесса ЭГЭ дефекта в данный момент времени анализа, расположенного в поверхностном слое материала ОА при действии на него ЭГС;

$\beta = \text{const}$  – квазипостоянный структурный параметр, характеризующий среднюю концентрацию этих дефектов в материале ОА, который в данном случае имеет размерность  $[h]^{-1}$ .

Схематично, расчётная схема процесса ЭГЭ и, в частности, изменение экспоненциально-вероятностной зависимости (1) представлена на рисунке 1.

Необходимо подчеркнуть весьма сложную, по сути, функциональную структуру параметра  $\beta$ , которая фактически определяется наличием в анализируемом объеме материала ОА исходных технологических дефектов, а также возможностью зарождения новых микроструктурных несовершенств при действии ЭГС на рассматриваемую поверхность. Кроме этого, физически обусловленная сопротивляемость конкретного материала ОА появлению, а главное, развитию до критических значений размеров данных дефектов является важнейшей эксплуатационно-технологической характеристикой практически всех конструкционных материалов и изделий из них в условиях жёсткого термосилового нагружения. В связи с этим, условно значение  $\beta$  в (1) можно представить в следующем символическом виде:

$$\beta(l)=\beta_T(l_T, l_T)+\beta_{\Sigma}(l_{\Sigma}, l_{\Sigma}) \quad (2)$$

где  $\beta(l)$  – комплексный, пока функционально-латентный параметр, интегрально отражающий координатно-кинетическую топографию дефектности  $(l)$  материала ОА на ключевых этапах его жизненного цикла, в частности при изготовлении и/или эксплуатации;

$\beta_T(l_T, l_T)$  и  $\beta_{\Sigma}(l_{\Sigma}, l_{\Sigma})$  – соответственно слагаемые  $\beta(l)$ , ответственные за исходную топографию  $(l_T)$  и  $(l_{\Sigma})$  дефектности материала и её изменения во времени  $(l_T, l_{\Sigma})$  на этапах технологического формирования (Т) и эксплуатации (Э) конкретного ОА.

Таким образом (1) с учётом (2) позволяют количественно формализовать масс-геометрический результат процесса ЭСЭ. Действительно, используя стандартную методику проведения имитационного моделирования, например методом Монте-Карло [10], не сложно получить массив значений  $h_k$ , которые определяют геометрию эродируемых частиц, например их характерный размер в виде осредненного диаметра  $d_k$ , где  $k=1,2,\dots,n$  – общее число разыгрываний,

событий, состоящих в отделении эродированных частиц. Эта процедура позволяет получить функцию распределения:  $m_k = f(d_k)$ , где  $m_k$  – число эродированных частиц с диаметром  $d_k$ , который находится в интервале изменения:  $d_{k-1} \leq d_k \leq d_{k+1}$ , где  $k$  – в данном случае, общее число градаций частиц по размерам.

**Результаты и обсуждения**

Проблема состоит в том, что совокупность вычислений по (1) с учётом (2) позволяет, по сути, рассчитать только интегральное масс-геометрическое распределение частиц, как функцию от концентрации физически значимых потенциально «диспергирующих» поверхностный слой материала ОА дефектов. Поэтому для конкретизации процесса ЭГЭ необходимо определить время, за которое происходит отделение эродируемой частицы от поверхности материала ОА. В этом случае появляется реальная возможность дифференциальной оценки кинетики процесса ЭГЭ, в том числе расчёта изменения глубины гидрокаверны, в месте воздействия на поверхность изучаемого материала ЭГС, как информационно важного и весьма технологично измеряемого диагностического параметра его состояния, связанного с ФМС поверхностного слоя ОА.

Анализ показал, что одной из зависимостей, позволяющих ситуационно-адекватно рассчитать время до разрушения локальной зоны поверхностного слоя материала ОА, является кинетическая или термофлуктуационная теория длительной прочности твердых тел акад. С. Н. Журкова, развиваемая его учениками [11]. В канонической форме эти фундаментально-классическая зависимость имеет следующий вид:

$$t_p = t_0 \exp[(U_0 - \gamma\sigma)/kT] \tag{3}$$

где  $t_p$  – время до разрушения материала ОА при действии на него механических растягивающих напряжений  $\sigma$  при абсолютной температуре  $T$ ;

$t_0$  – постоянная, близкая к периоду тепловых колебаний атомов;

$U_0$  – энергия квазиактивации процесса разрушения материала, близкая к энергии его сублимации;

$k$  – постоянная Больцмана;

$\gamma$  – структурно-чувствительный коэффициент, отражающий степень перенапряжения на межатомных связях и во многом определяемый технологией формирования материала конструкции ОА.

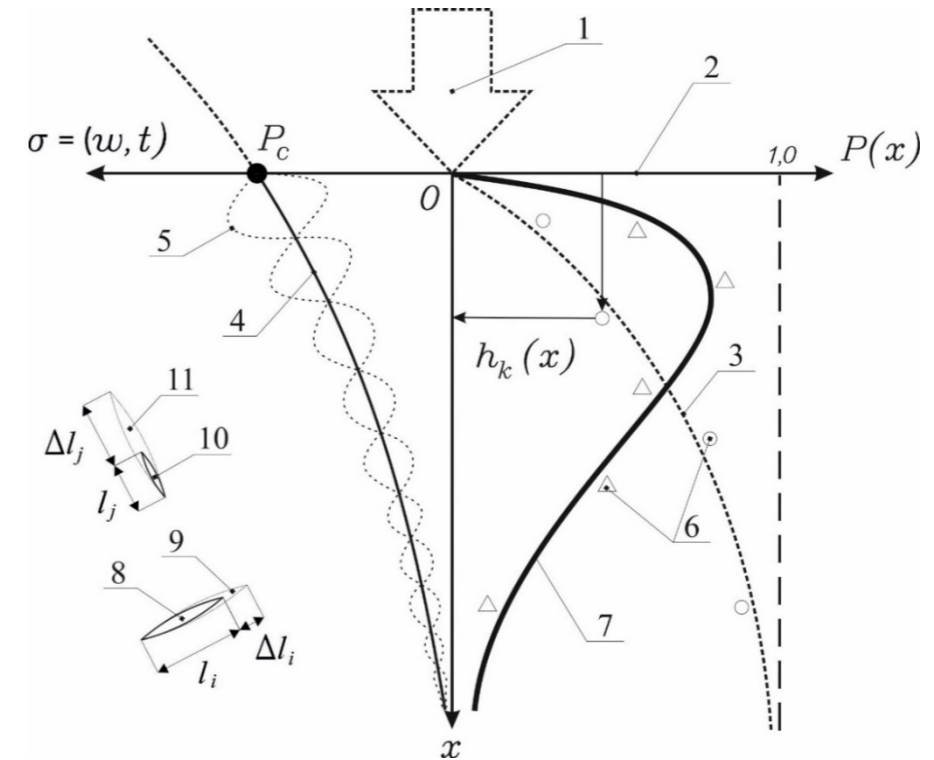


Рисунок 1 – Расчетная схема для вероятностного моделирования процесса энергоэкстремальной гидроструйной эрозии (ЭГЭ)

На рисунке обозначено: 1 – энергоэкстремальная гидроструя (ЭГС); 2 – поверхность материала объекта анализа (ОА); 3 – вероятностная зависимость наличия эрозионно-формирующих дефектов в материале ОА, например субмикро- и микротрещин; 4 – координатное изменение квазистабильных механических напряжений; 5 – характер изменения нестационарно-волновых напряжений; 6 – результаты имитационного моделирования методом Монте-Карло; 7 – результирующая вероятность формирования эродированной частицы с учётом напряженно-деформированного состояния (НДС) поверхностного слоя материала ОА; 8 – исходный микродефект длиной  $l_i$ ; 9 – приращение  $\Delta l_i$ ; 10 – формирующийся новый дефект длиной  $l_j$ ; 11 – приращение 10 на величину  $\Delta l_j$ .

Тогда подстановка в (3) значений  $\sigma(hk)$  и  $T(hk)$ , т.е. параметров, характеризующих напряженно-деформированное состояние (НДС) и температуру на глубине  $hk$  поверхностного слоя материала ОА в зоне воздействия на него ЭГС, позволяет определять время до разрушения  $tk$ . Очевидно, что в рамках данной теории [11] это время  $tk$  необходимо на формирование эродированной частицы с диаметром, примерно равным  $hk$ .

Таким образом, появляется возможность путем применения (3) в симультанном сочетании с расчётами по (1) с использованием результатов имитационного моделирования для конкретных значений, согласно (2), рассчитывать соответствующие численные реализации изменений масс-геометрических характеристик процесса ЭГЭ. Причём информационно-диагностически важно, что

эти характеристики функционально связаны с ФМС материала поверхностного слоя ОА и его НДС, которое определяется уровнем термосилового воздействия ЭГС. Заметим, что эффективным средством вычисления НДС в зоне воздействия ЭГС является аппарат конечно-элементного моделирования [12], который в последнее время все чаще используется для решения данной и аналогичных задач энергоэкстремальной гидродинамики [13].

На практике использование выше предлагаемой модели позволяет подойти к эффективному экспресс-решению, по сути, обратной задачи, которая состоит в следующем: по результатам кратковременного тестового воздействия ЭГС на материал ОА путём анализа информативных признаков ЭГЭ, в первую очередь, макро- и микро топографии поверхности локально сформированной гидрокаверны и масс-геометрического распределения эродированных при её образовании частиц, производится сравнительная оценка трудноопределяемых иным способом параметров. Эти параметры, например исходная концентрация неидентифицируемых субмикродофектов, характеризует технологическое и/или ресурсно-эксплуатационное состояние поверхностного слоя изучаемого изделия или исследуемого образца. Причем предлагаемый подход к интерпретации экспериментально полученных параметров ЭГЭ в сочетании с общей структурой вероятностной модели этого процесса обеспечивает её необходимую для научно-прикладного использования конкретизирующую верификацию численных коэффициентов в соответствующих зависимостях.

Таким образом, экспериментально верифицированная вероятностная модель процесса ЭГЭ является неотъемлемой составляющей аппарата малоинвазивной технологии экспресс-определения параметров функционального качества поверхностного слоя различных ОА, в первую очередь ответственного назначения, на основных этапах их жизненного цикла. Схематично, роль предлагаемой модели в общей структуре информационно-диагностического обеспечения качества представлена на рисунке 2.

Следует подчеркнуть, что для повышения достоверности результатов моделирования необходимо уточнить характер взаимодействия ЭГС с диагностируемым поверхностным слоем материала ОА. В первую очередь требуется оценить степень влияния динамических изменений в его НДС, которые обусловлены ударно-волновым характером воздействия ЭГС, в том числе на координатную кинетику формирования критической поврежденности [12–14] в зоне диагностирования. Именно эти быстропротекающие изменения во многом ответственны за информационно-значимые особенности образования дискретного массива дисперсных эродированных частиц и в целом за размеры гидрокаверны. Поэтому для снятия допущения о квазистационарном характере изменения НДС проведем следующие феноменологически обоснованные рассуждения.

Пусть на протяжении достаточно малого интервала времени НДС материала поверхностного слоя можно считать стабильным. Тогда, с учётом (3) вероятность формирования поврежденности критического уровня [14, 15] в этой анализируемой зоне следует оценить отношением вида:

$$\Delta p_i = \Delta t_i / t_{pi}(\sigma_i, T_i) \quad (4)$$

где  $t_{pi}$  – прогнозируемое время до разрушения, т.е. время, затрачиваемое на формирование критической поврежденности в зоне анализа, при стабильных значениях  $\sigma_i$  и  $T_i$ , определяемый по соотношению (3).

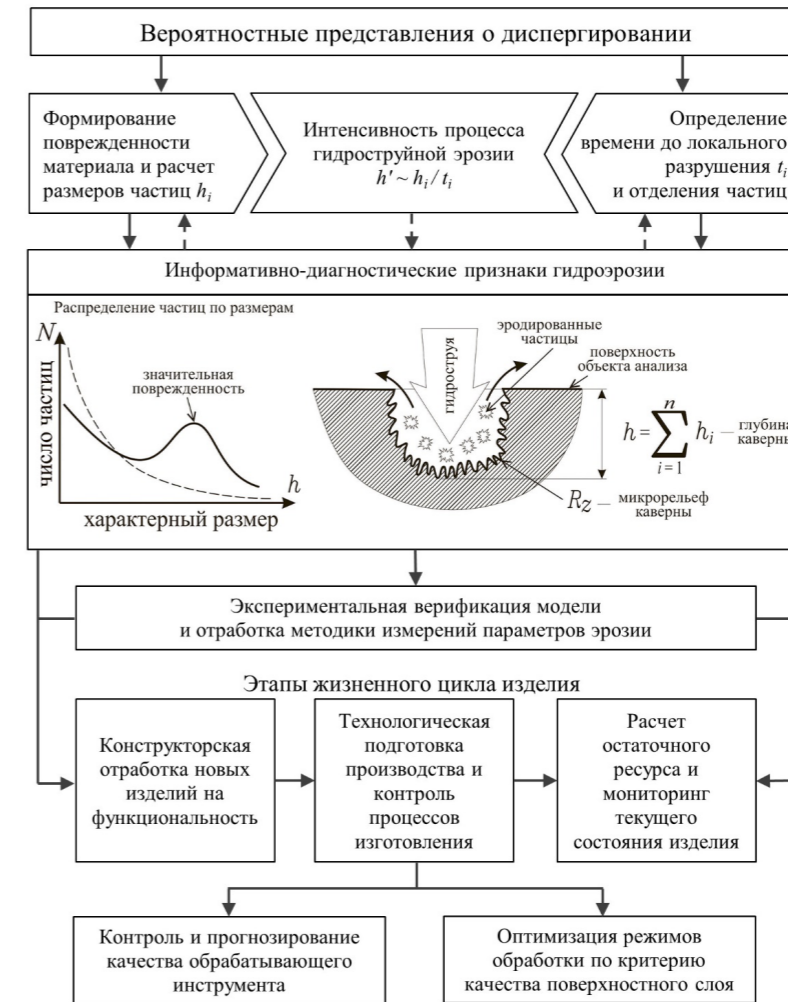


Рисунок 2 – Применение модели для информационно-диагностического обеспечения поэтапного формирования функционального качества изделий

Тогда, вполне очевидно, что для реализации процесса разрушения при изменяющихся значениях необходимо выполнение условия вида:

$$1 = \sum_{i=1}^n \Delta p_i \quad (5)$$



или после предельного перехода в (5), т.е. при  $n \rightarrow \infty$ , а  $\Delta t_i \rightarrow 0$ ; с а с учётом (3) и (4) будем иметь:

$$1 = \int_0^{t_p} \{t_0 \exp[(U_0 - \gamma\sigma(\tau)/kT(\tau))]\} d\tau \quad (6)$$

где  $t_p$  – время до разрушения локальной зоны материала при ярко выраженном нестабильном термосиловом воздействии на него, т.е. при вариативном НДС.

Заметим, что фактически (5) и интегральное соотношение (6) полностью соответствуют известному в механике разрушения принципу Бейли или возможности линейного суммирования поврежденностей [11,15]. Схематично данное обстоятельство отражено позицией (5) на рисунке Рисунок 1 в виде наложения волн упругой деформации на квазистабильную картину НДС.

Заключительным этапом расширения функциональных возможностей предлагаемого вероятностного подхода к моделированию ЭГЭ, а также других физически аналогичных процессов диспергирования твёрдых тел, например фрикционного износа контактных поверхностей, следует считать установление взаимно-однозначного соответствия между, по сути, вероятностным характером топографии распределения и изменения дефектности (поврежденности) материала и его НДС. Для формализации этой взаимообусловленности используем одну из основополагающих зависимостей механики разрушения [7] в каноническом виде:

$$\sigma\sqrt{l} = K_c \quad (7)$$

где  $l$  – критическая длина трещины, а

$\sigma$  – напряжение, растяжение, приводящее к самопроизвольному увеличению ;

$K_c$  – коэффициент интенсивности напряжений, являющейся важнейшей характеристикой ФМС исследуемого материала.

Далее, вполне обосновано полагая что  $\beta$  в (2) обратнопропорционально длине весьма локальной трещины или характерному размеру микродефекта с учётом (7) базовая зависимость (1) примет после некоторых преобразований вид:

$$P(h) = 1 - \exp\{-p_c^4 h / [K_c^2 (p_c - k_p h)^2]\} \quad (8)$$

где  $P(h)$  – как и ранее, вероятность отделения эродированной частицы с характерным размером, например диаметром  $h$ , из-за развития диспергирующего дефекта на данной глубине от поверхности ОА под действием ЭГС;

$p_c$  – давление торможения ЭГС о поверхность ОА;

$k_p$  – коэффициент, уравнивающий размерности в знаменателе (8) и определяющий глубину эффективного действия ЭГС:

$$k_p = p_c / h_0.$$

На рисунке 1 показан характер изменения (8), который физически вполне соответствует реалиям взаимодействия НДС и топографии микродефектов в материале поверхностного слоя ОА.

Таким образом, вычисления по (8), например путём имитационного моделирования, в сочетании с оценками по (6) дают возможность определить количественно локальную интенсивность процесса ЭГЭ и, как следствие, формализовать кинетику образования информационно-значимой гидрокаверны глубиной  $h$ :

$$\dot{h} = h_i / t_{pi}; \quad g = \sum_{i=1}^n h_i \quad (9)$$

где  $\dot{h}$  – локальная скорость увеличения глубины гидрокаверны (мм/с);

$n$  – количество последовательно анализируемых диспергированных ЭГС частиц материалов ОА.

Сопоставление  $\dot{h}$ ,  $h_i$  и  $h$  с с экспериментально наблюдаемыми закономерностями ЭГЭ позволит разработать инженерно-физическую методику экспресс-определения параметров функционального состояния поверхностного слоя материала различных ОА, что подчеркивает научно-прикладную значимость предлагаемого подхода. В дальнейшем, еще более детальное вероятностно-формализованное описание процесса ЭГЭ и его функционально-физических результатов, даст реальную возможность диагностирования и/или изучения тонких механизмов формирования поврежденности материала, в первую очередь с учётом фактора эксплуатационно-технологической наследственности [16].

#### Выводы

Вероятностное моделирование процесса ЭГЭ создаёт формализованную основу для целенаправленного экспериментального изучения и интегро-дифференциального анализа масс-геометрических характеристик массива эродированных ЭГС частиц материала поверхностного слоя различных ОА. Причем отличительной чертой предлагаемого подхода является симультанное сочетание необходимых и достаточных условий для осуществления процесса ЭГЭ. К необходимым условиям относится вариативная топография дефектности материала, а к достаточным – требуемый уровень термосилового воздействия на него в течении определенного времени. Таким образом, в результате реализации процедуры моделирования появляется возможность адекватного формирования соответствующих информационно-диагностических признаков ЭГЭ, ответственных за состояние материала поверхностного слоя, его локальные ФМС. В перспективе предлагаемая модель и её некоторые экспериментально

определяемые параметры могут оказаться весьма востребованными при расчётах остаточного ресурса конструкций с высокими требованиями по надёжности, а также на этапе технологической подготовки производства изделий из новых, в том числе композиционных и аддитивно получаемых материалов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Development of water jet cutting and study on different parameters [Text] / W. Khalid, M. Hussain, M. Nasir Bashir, M. M. Quaz, Imran Ali, Jahanzeb Bhatti, Hammad Ur Rehman // Journal of Applied and Physical Sciences. – 2019. – Vol. 5(3). – P. 81–87. – ISSN 2414-3103.
- 2 An experimental and numerical study of water jet cleaning process [Text] / Anirban Guhaa, Ronald M. Barrona, B. Ram Balachandarc. // Journal of Materials Processing Technology. – 2011. – Vol. 211. – P. 610–618. – ISSN 0924-0136.
- 3 **Балашов, О. Е.** Ультразвуковая технология получения микросуспензий [Текст] : монография. / О. Е. Балашов, А. А. Барзов, А. Л. Галиновский, Н. К. Литвин, Н. Н. Сысоев, В. Д. Шашурин. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. – 352 с.
- 4 **Абашин, М. И.** Ультразвуковая мезодиагностика [Текст]: монография. / М. И. Абашин, А. А. Барзов, А. Л. Галиновский, Н. Н. Сысоев, П. Н. Сысоев. – М. : МГУ имени М. В. Ломоносова. Физический факультет. 2020. – 250 с.
- 5 **Барзов, А. А.** Ультразвуковая 3D-диагностика [Текст] : монография. / А. А. Барзов, А. Л. Галиновский, Н. Н. Сысоев, Цзя Чженьюань. – М. : МГУ имени М. В. Ломоносова. Физический факультет, 2020. – 142 с.
- 6 **Прис, К.** Эрозия [Текст] : учеб. для вузов / Под ред. К. Прис. – М. : Мир, 1982. – 464 с.
- 7 **Черепанов, Г. П.** Механика хрупкого разрушения [Текст] : учебное пособие / Г. П. Черепанов. – М. : Наука, 1974. – 640 с.
- 8 **Фрейденталь, А. М.** Статистический подход к хрупкому разрушению [Текст] / А. М. Фрейденталь // Разрушение / Под ред. Г. Либовица. – М. : Мир. 1975. – Т.2. – С. 616–645.
- 9 **Барзов, А. А.** Масштабный фактор (феноменология и физико-технологические применения) [Текст] : монография. / А. А. Барзов, А. И. Денчик, М. А. Прохорова, Н. Н. Сысоев. – М. : МГУ имени М. В. Ломоносова. Физический факультет. – 2020. – 194 с.
- 10 **Гмурман, В. Е.** Теория вероятностей и математическая статистика [Текст] : учеб. для вузов / В. Е. Гмурман. – М. : Высшая школа, 2004. – 479 с.
- 11 **Регель, В. Р.** Кинетическая природа прочности твердых тел [Текст] : монография / В. Р. Регель, А. И. Слуцкер, Э. Е. Томашевский. – М. : Наука. 1974. – 560 с.
- 12 **Колпаков, В. И.** Импульсные технологии [Текст] : учебное пособие / В. И. Колпаков, А. Л. Галиновский, Л. В. Судник, А. А. Илюхина. – Старый Оскол : ТНТ, 2022. – 432 с.

- 12 **Абашин, М. И.** Ультразвуковая гидродинамика [Текст]: монография / М. И. Абашин, А. А. Барзов, А. Л. Галиновский, И. В. Мазаева, Н. Н. Сысоев. – М. : МГУ имени М. В. Ломоносова. Физический факультет. 2015. – 308 с.
- 13 **Работнов, Ю. Н.** Введение в механику разрушения [Текст] : учебное пособие / Ю. Н. Работнов. – М.: Наука. 1987. – 79 с.
- 14 **Барзов, А. А.** Эмиссионная технологическая диагностика [Текст]: учебное пособие / А. А. Барзов. – М.: Машиностроение, 2005. – 384 с.
- 15 **Баданина, Ю. В.** Диагностика физико-технологической наследственности [Текст]: монография / Ю. В. Баданина, А. А. Барзов, Галиновский А. Л., Н. Н. Сысоев. – М. : МГУ имени М. В. Ломоносова, Физический факультет, 2018. – 304 с.

## REFERENCES

- 1 Development of water jet cutting and study on different parameters [Text] / W. Khalid, M. Hussain, M. Nasir Bashir, M. M. Quaz, Imran Ali, Jahanzeb Bhatti, Hammad Ur Rehman // Journal of Applied and Physical Sciences – 2019, – Vol. 5(3) – P. 81-87. – ISSN: 2414-3103.
- 2 An experimental and numerical study of water jet cleaning process [Text] / Anirban Guhaa, Ronald M. Barrona, B. Ram Balachandarc // Journal of Materials Processing Technology – 2011, – Vol. 211 – P. 610-618. – ISSN: 0924-0136.
- 3 Ultrajet technology for obtaining microsuspensions [Text] / O.E. Balashov, A.A. Barzov, A.L. Galinovsky, N.K. Litvin, N.N. Sysoev, V.D. Shashurin. – Moscow : Bauman Moscow State Technical University, 2011. – 352 p.
- 4 Ultrajet mesodiagnostics [Text] / M. I. Abashin, A. A. Barzov, A. L. Galinovsky, N. N. Sysoev, P. N. Sysoev. – Moscow : Lomonosov Moscow State University. Department of Physics. 2020. – 250 p.
- 5 Ultrajet 3D diagnostics [Text] / A. A. Barzov, A. L. Galinovsky, N. N. Sysoev, Jia Zhenyuan. – Moscow : Lomonosov Moscow State University. Department of Physics, 2020. – 142 p.
- 6 Erosion [Text] / K. Pris. – Moscow : Mir, 1982. – 464 p.
- 7 Brittle fracture mechanics [Text] / G.P. Cherepanov. – M.: Science, 1974. – 640 p.
- 8 Statistical approach to brittle fracture [Text] / A. M. Freudenthal // Destruction / Ed. G. Liebovica. Moscow : Mir. 1975. – V.2. – С. 616–645.
- 9 Scale factor (phenomenology and physical and technological applications) [Text] / A. A. Barzov, A. I. Denchik, M. A. Prokhorova, N. N. Sysoev. – Moscow : Lomonosov Moscow State University. Department of Physics. – 2020, – 194 p.
- 10 Probability theory and mathematical statistics [Text] / V. E. Gmurman. – Moscow : Higher school, 2004. – 479 p.
- 11 Kinetic nature of the strength of solids [Text] / V. R. Regel, A. I. Slutsker, E. E. Tomashevsky. – Moscow : Science. 1974. – 560 p.
- 12 Impulse technologies [Text] / V. I. Kolpakov, A. L. Galinovsky, L. V. Sudnik, A. A. Ilyukhin. – Stary Oskol : TNT, 2022. – 432 p.

13 Ultrajet hydrodynamics [Text] / M. I. Abashin, A. A. Barzov, A. L. Galinovsky, I. V. Mazaeva, N. N. Sysoev. – Moscow : Lomonosov Moscow State University. Department of Physics, 2015. – 308 p.

14 Introduction to fracture mechanics [Text] / Yu. N. Rabotnov. – Moscow : Science, 1987. – 79 p.

15 Emission technological diagnostics [Text] / A. A. Barzov. – Moscow : Mashinostroenie, 2005. – 384 p.

16 Diagnosis of physical and technological heredity [Text] / Yu. V. Badanina, A. A. Barzov, Galinovsky A. L., N. N. Sysoev. – Moscow : Lomonosov Moscow State University. Department of Physics, 2018. – 304 p.

Материал поступил в редакцию 16.09.22.

**A. A. Barzov<sup>1</sup>, \*V. S. Puzakov<sup>2</sup>, A. V. Kuznetsov<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Lomonosov Moscow State University, Russian Federation, Moscow

<sup>2</sup>LLC «Bureau Energy», Russian Federation, Ramenskoye

<sup>3</sup>JSC «United Engine Corporation» Branch «NIID»

Material received on 16.09.22

### PROBABILISTIC MODEL FOR EXTREME-ENERGY HYDROJET IMPACT PROCESS OF MATERIAL EROSION

*Probabilistic model of the intensity of the erosion destruction process of the material surface layer under the action of an extreme-energy hydrojet is proposed. A schematic diagram, shows the practical determination of the physically determined characteristics of the research object material resistance to the surface technological defects appearance and to its development to critical values during operation is described. Represented the concept of accelerated determination of hard-to-identify parameters of the surface layer state of the studying object (for example, the concentration of submicrodefects characterizing the state of the material of the product) by informative features of extreme energy hydrojet erosion (EHE), first of all, the macro- and microtopography of the locally formed hydrocavern surface and eroded during its formation of particles mass-geometric distribution.*

*Experimental verification of the information-and-diagnostic features of the model provides the possibility for quickly determining the material parameters that characterize its operational and technological properties, including their random deviations. These difficult-to-determine parameters of the structural materials state are necessary to improve the reliability of various functional resource calculations, primarily for increased reliability products. Further development of the proposed methodology and a more detailed probabilistic-formalized description of the EHE process and its functional and physical results will make it possible to realize the ability of minimal-invasive diagnostics of the object of analysis material state and/or study of the subtle mechanisms of its damage formation, primarily considering with the operational and technological heredity factor.*

*Keywords: material-properties diagnostics, extreme-energy hydrojet erosion, stress-strain state, theoretical probabilistic model, heredity*

**A. A. Barzov<sup>1</sup>, \*V. S. Puzakov<sup>2</sup>, A. V. Kuznetsov<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>М. В. Ломоносов атындағы Мәскеу мемлекеттік университеті, Ресей Федерациясы, Мәскеу қ;

<sup>2</sup>«Бюро Энергетика» ЖШҚ, Ресей Федерациясы, Раменское қ;

<sup>3</sup>«ОДК» «НИИД» АҚ филиалы, Ресей Федерациясы, Мәскеу қ;

Материал баспаға түсті 16.09.22

### ЭНЕРГИЯ ЭКСТРЕМАЛДЫ ГИДРОҚҰРЫЛЫСТЫҢ ӘСЕРІНЕН МАТЕРИАЛДАРДЫҢ ЭРОЗИЯ ПРОЦЕСІНІҢ ЫҚТИМАЛДЫ МОДЕЛІ

*Материалдың беткі қабатының эрозиялық бұзылу процесінің қарқындылығының ықтималды моделі оған экстремалды гидрострукция әсер еткен кезде ұсынылады. Зерттеу объектісі материалының беттік технологиялық ақаулардың пайда болуына және оларды пайдалану процесінде сыни мәндерге дейін дамытуға төзімділігінің физикалық негізделген сипаттамаларын практикалық анықтаудың схемалық диаграммасы сипатталған. Зерттелетін объектінің беткі қабатының жай-күйінің қиын анықталатын параметрлерін (мысалы, өнім материалының жай-күйін сипаттайтын субмикродфекттердің концентрациясы) энергетикалық экстремалды гидроструальды эрозияның (ЭГЭ) ақпараттық белгілерін, ең алдымен жергілікті қалыптасқан гидрокаверна бетінің макро-және микро топографиясын және оның пайда болуы кезінде эрозияға ұшыраған бөлшектердің массалық-геометриялық таралуын талдау арқылы жедел анықтау тұжырымдамасы ұсынылған. Модельдің ақпараттық-диагностикалық сипаттамаларын эксперименттік тексеру оның операциялық және технологиялық қасиеттерін сипаттайтын материалдың параметрлерін, соның ішінде олардың кездейсоқ ауытқуларын ескере отырып, жедел анықтауға мүмкіндік береді. Құрылымдық материалдар жағдайының бұл қиын анықталатын параметрлері әр түрлі функционалды-ресурстық есептеулердің сенімділігін арттыру үшін қажет, ең алдымен сенімділігі жоғары өнімдер үшін. Ұсынылған Әдістемені одан әрі дамыту және ЭЭЖ процесін және оның функционалды-физикалық нәтижелерін негүрлым егжей-тегжейлі ықтималды-формальды сипаттау талдау объектісі материалының жай-күйін аз инвазивті диагностикалау және/немесе оның зақымдануын қалыптастырудың нәзік тетіктерін, ең алдымен пайдалану-технологиялық тұқым қуалаушылық факторын ескере отырып зерттеу мүмкіндігін іске асыруға мүмкіндік береді.*

*Кілтті сөздер: материалдар қасиеттерінің диагностикасы, энергиялық-экстремалды гидрожүйелік эрозия, кернеулі-деформацияланған күй, теориялық ықтималдық моделі, тұқым қуалаушылық*

<https://doi.org/10.48081/GIJE7083>

**А. И. Денчик<sup>1</sup>, Ж. К. Мусина<sup>2</sup>, \*А. Ж. Касенов<sup>3</sup>,  
Р. Б. Кусаинов<sup>4</sup>, Л. Р. Мусина<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3,4,5</sup>Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

**ВЕРОЯТНОСТНАЯ МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФЕКТОВ  
ПРИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМ ДВУКРАТНОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ  
ВОЗДЕЙСТВИИ С УЧЕТОМ ФАКТОРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ  
НАСЛЕДСТВЕННОСТИ**

*Сложность решения проблемы качества при механической обработке резанием (МО) состоит в необходимости учета большого количества факторов, оказывающих влияние на технологический процесс изготовления изделия.*

*В этой связи применение вероятностно-статистических методов исследования, универсальность которых позволяет решать широкий круг научно-технических задач является актуальным.*

*Вероятностный подход к формированию степени дефектности поверхностного слоя при МО резанием, с учетом фактора технологической наследственности (ТН), на наш взгляд является перспективным направлением исследования в этом направлении, т.к. позволяет проанализировать наиболее общие закономерности кинетики процесса формообразования.*

*Одновременно с этим вероятностный подход позволяет интегрально учесть случайный характер воздействия многочисленных дефектов поверхностного слоя на процесс формирования параметров качества обработки, с целью определения оптимального исхода конкретной технологической операции с учетом фактора ТН.*

*В нашем случае это определение толщины срезаемого слоя при выполнении второго технологического воздействия (ТВ2) с целью обеспечения минимального значения вероятности распределения дефектов по глубине поверхностного слоя.*

*При решении поставленной задачи, использовалось понятие функционально значимого технологического возмущения (ФЗТВ) процесса формообразования, которое происходит при взаимодействии дефектов поверхностного слоя с металлорежущим инструментом.*

*В результате применения метода численного моделирования, согласно предлагаемой вероятностной модели  $P = f(X_i)$  показано наличие оптимума – минимального значения вероятности взаимодействия дефектов с МРИ, в зависимости от толщины срезаемого поверхностного слоя  $X_i$  с учетом фактора ТН, при последовательном двукратном технологическом воздействии.*

*Ключевые слова: точность, масштабный фактор, вероятностная модель, численное моделирование, функционально технологическое возмущение, технологическое воздействие.*

**Введение**

В результате проделанной ранее работы [3, 4, 5, 8, 9] авторами была предложена вероятностная модель расположения дефектов в поверхностном слое с учетом фактора технологической наследственности при выполнении двух смежных технологических воздействий ТВ1 и ТВ2. Согласно модели [10] концентрация дефектов в поверхностном слое по его глубине (X) определялась следующим образом (1):

– после первого ТВ1

$$C1X = Co + (K1 \times P1 \times Co) \times \exp(-\lambda \times X);$$

– после второго ТВ2

$$C2_x = Co + (K1 \times P1 \times Co) \times (1 + K2 \times P2) \times \exp(-\lambda \times X); \quad (1)$$

а вероятность присутствия дефектов в поверхностном слое по глубине (X), как (2) (рисунок 1).

$$P(V) = 1 - \exp\{-[Co + ((K1 \times P1 \times Co) \times (1 + K2 \times P2) \times \exp(-\lambda \times X))] \times V\}; \quad (2)$$

где  $P1, P2$  – максимальное значение прироста концентрации дефектов на поверхности образца  $X=0$ , при заданных термо-силовых условиях 1-го и 2-го технологического воздействия;

$Co$  – начальная концентрация дефектов в поверхностном слое;

$\lambda$  – коэффициент формы аппроксимирующей кривой;

$C_{x1}, C_{x2}$  – текущие распределение значений концентрации дефектов по глубине поверхностного слоя (X), соответственно после 1-го и 2-го технологического воздействия – ТВ1, ТВ2;

$P1, P2$  – сила давления соответственно при первом и втором технологических воздействиях;

$K1, K2$  – коэффициенты пропорциональности силового воздействия соответственно при первом и втором технологических воздействиях;

$P_{x1} = (K1 \times P1 \times Co) \times \exp(-\lambda \times X)$  – текущее значение прироста концентрации дефектов по глубине поверхностного слоя (X), в результате 1-го технологического воздействия;

$P_{x2}$  – текущее значение прироста концентрации дефектов по глубине поверхностного слоя (X), в результате 2-го и 3-го технологических воздействий.

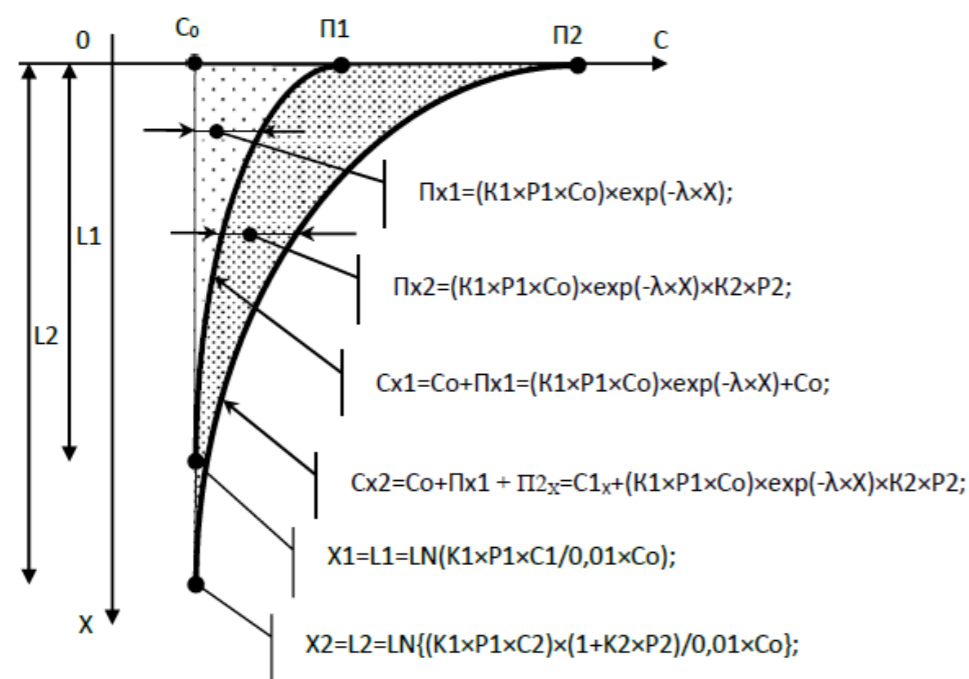


Рисунок 1 – Вероятность присутствия дефектов в поверхностном слое по глубине (X)

**Методы и материалы**

Рассмотрим физическую модель процесса формообразования с учетом влияния концентрации дефектов в поверхностном слое на взаимосвязь входных и выходных параметров обработки. Предварительно сделаем допущение что возмущение процесса формообразования происходит в результате встречи – взаимодействия металлорежущего инструмента (МРИ) с дефектом при срезании слоя объемом  $V_{ср}$  и как следствие этого соответствующее изменение одного или нескольких параметров качества и/или точности обработки.

Определим вероятность встречи дефектов металлорежущим инструментом при срезании слоя толщиной X.

Для решения поставленной задачи выделим единичную площадь  $F_p = a \times b = 1$  на обрабатываемой поверхности и выделим единичный объем поверхностного слоя V, равный  $V = F_p \times X$  при  $X \rightarrow \infty$ , где X текущая координата толщины рассматриваемого поверхностного слоя рисунок 2.

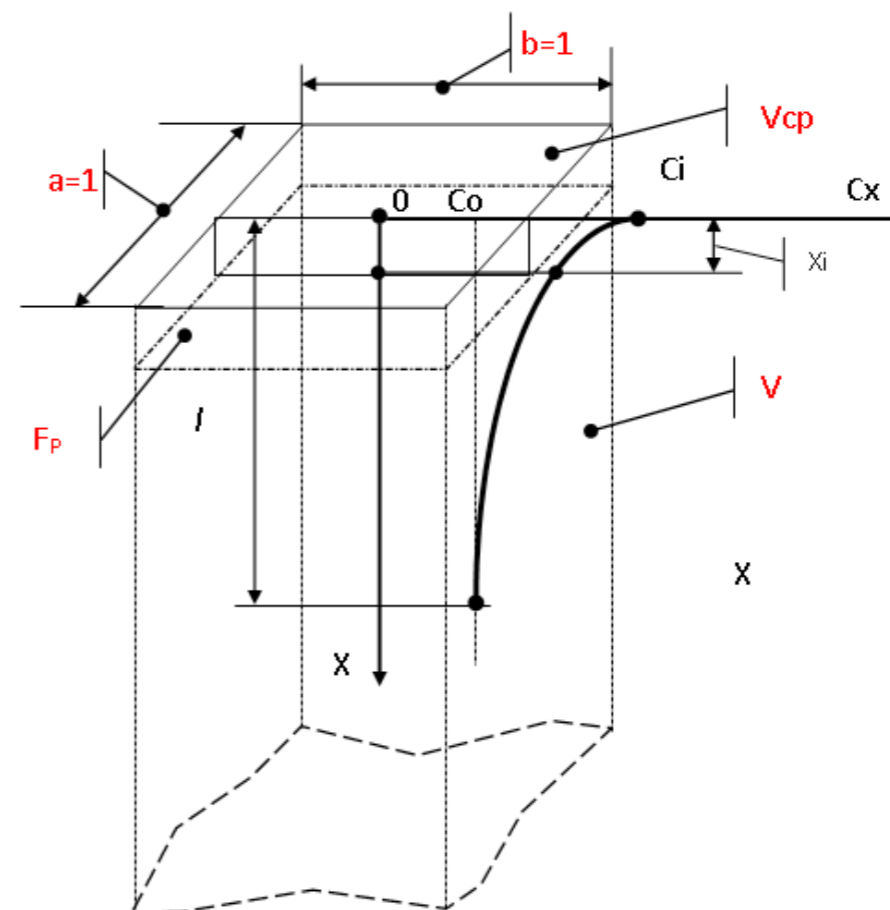


Рисунок 2 – Вероятность встречи дефектов металлорежущим инструментом при срезании слоя толщиной X

В соответствии с принятыми обозначениями объем срезаемого поверхностного слоя ( $V_{ср}$ ), толщиной ( $X_i$ ), и единичной площади ( $F_p$ ) будет равен  $V_{ср} = F_p \times X_i$ , при  $\infty > X_i > 0$ .

В этом случае в соответствии с принятой концепцией возмущение процесса формообразования при срезании объема поверхностного слоя  $V_x$  толщиной (X) происходит в результате одного из следующих событий:

- встреча дефектов в плоскости резания  $F_p$  – это событие F;
- встреча дефектов в объеме срезаемого поверхностного слоя ( $V_{ср}$ ) толщиной ( $X_i$ ) – это событие V;
- одновременная встреча дефектов в плоскости резания  $F_p$  и в объеме срезаемого ( $V_{ср}$ ) толщиной ( $X_i$ ) это событие FV.

Наша задача – определить вероятность (P) хотя бы одного из событий – или (F) или (V) или (FV).

Вероятностная модель возмущения процесса формообразования при срезании слоя  $V_x$ .

Физический смысл вероятностной модели возмущения процесса формообразования при срезании слоя  $V_x$  представляет собой вероятность «встречи – взаимодействия» дефекта, находящегося в срезаемом поверхностном слое с МРИ, при выполнении второго технологического воздействия (ТВ2) с учетом фактора технологической наследственности (ТН).

Вероятность «встречи – взаимодействия» дефекта представляет собой вероятность одного из событий или события  $F$  или события  $V$  или события  $FV$ , т.е.:

- или в плоскости резания  $F_p$  – событие  $F$
- или в срезаемом объеме поверхностного слоя  $V_{cp}$  – событие  $V$ ,
- или и там и там одновременно – событие  $FV$ .

Согласно утверждений [1, 6, 7], вероятность присутствия дефектов в геометрическом параметре поверхностного слоя – в объеме  $V$  или площади  $F$  с учетом масштабного фактора определяется как:

$$\begin{aligned} P(V) &= 1 - \exp(-C_v \times V) \\ P(F) &= 1 - \exp(-C_f \times F) \end{aligned} \quad (4)$$

В соответствии с этим вероятность события ( $F$ ) определяется как

$$P(F) = 1 - \exp(-C_f \times F_p).$$

Вероятность события ( $V$ ) определяется как

$$P(V) = 1 - \exp(-CV \times V_{cp}) = 1 - \exp(-CV \times X)$$

Вероятность совмещенного события ( $FV$ ) определяется как

$$P(FV) = P(F) \times P(V).$$

где  $C_f, C_v$  – концентрация дефектов в геометрическом параметре поверхностного слоя – соответственно в объеме  $V_{cp}$ , площади  $F_p$ .

В соответствии с вышеизложенным, вероятность возмущения процесса формообразования при срезании слоя  $V_x$ , в соответствии с теоремой появления хотя бы одного события [2], определится как

$$P = 1 - (1 - P(F)) \times (1 - P(V)) \times (1 - P(FV))$$

или

$$(P) = 1 - q(F) \times q(V) \times q(FV)$$

Где для определения  $CF, CV$  используем выражения (1), полученные в работе [10] для расчета концентрации  $C2X$  после второго ТВ2 с учетом значения концентрации  $C1X$  после выполнения первого ТВ1.

$$C1X = C_0 + (K1 \times P1 \times C_0) \times \exp(-\lambda \times X); \quad (7)$$

$$C2_x = C_0 + (K1 \times P1 \times C_0) \times (1 + K2 \times P2) \times \exp(-\lambda \times X);$$

$$CF = \int_0^a \int_0^b [C2_x(Xi)] dz dy = a \times b \times C2x(Xi);$$

Т.к.  $a=1$  и  $b=1$  то

$$C_f = C2_x \times (Xi) = C_0 + (K1 \times P1 \times C_0) \times (1 + K2 \times P2) \times \exp(-\lambda \times Xi);$$

$$P(F) = 1 - \exp(-Kv \times (C_0 + (K1 \times P1 \times C_0) \times (1 + K2 \times P2) \times \exp(-\lambda \times Xi))) \times F$$

Т.к.  $a=1$  и  $b=1$ , то  $F=1$  поэтому

$$P(F) = 1 - \exp(-Kv \times (C_0 + (K1 \times P1 \times C_0) \times (1 + K2 \times P2) \times \exp(-\lambda \times Xi))).$$

Для определения  $CV$  предварительно определим  $C_{v\Sigma}$  – суммарное количество дефектов в  $V$

$$CV\Sigma = \int_0^a \int_0^b \int_0^{xi} [C2x(x)] dz dy dx$$

$$CV\Sigma = \int_0^a dz \int_0^b dy \int_0^{xi} C2x(x) dx$$

$$CV\Sigma = a \times b \times \int_0^{xi} C2x(x) dx$$

$$CV\Sigma = a \times b \times \int_0^{xi} [C_0 + (K1 \times P1 \times C_0) \times (1 + K2 \times P2) \times \exp(-\lambda \times X)] dx$$

Т.к.  $a=1$  и  $b=1$  то

$$CV_{\Sigma} = \int_0^{xi} [Co + [(K1 \times P1 \times Co + K1 \times P1 \times Co \times K2 \times P2) \times \exp(-\lambda \times X)]] dx$$

$$CV_{\Sigma} = \int_0^{xi} Co dx + (K1 \times P1 \times Co + K1 \times P1 \times Co \times K2 \times P2) \times \int_0^{xi} [\exp(-\lambda \times X)] dx$$

Интеграл равен

$$\int_0^{xi} \exp(-\lambda \times x) dx = \frac{1 - \exp(-\lambda \times xi)}{\lambda}$$

Следовательно

$$C_{V\Sigma} = Co \times Xi + (K1 \times P1 \times Co + K1 \times P1 \times Co \times K2 \times P2) \frac{1 - \exp(-\lambda \times Xi)}{\lambda}$$

где  $C_v$  – концентрация в V будет равна

$$CV = C_{V\Sigma} / V = C_{V\Sigma} / a \times b \times X = C_{V\Sigma} / 1 \times 1 \times X;$$

$$C_v = C_{V\Sigma} / X \tag{8}$$

Вероятность события (V) определяется как

$$P(V) = 1 - \exp(-C_v \times V_{cp}).$$

Объем срезаемого поверхностного слоя  $V_{cp}$ , толщиной (X), будет равен  $V_{cp} = F_p \times X$ , при  $\infty > X > 0$  и  $F_p = a \times b = 1$  поэтому

$$P(V) = 1 - \exp(-C_v \times X);$$

или с учётом (8)

$$P(V) = 1 - \exp(-C_{V\Sigma});$$

$$P(V) = 1 - \exp(-\left(Co \times Xi + (K1 \times P1 \times Co + K1 \times P1 \times Co \times K2 \times P2) \frac{1 - \exp(-\lambda \times Xi)}{\lambda}\right) e)$$

**Результаты и обсуждения**

Масштабный коэффициент  $K_v$  вероятностной модели. Характер изменения зависимости концентрации дефектов по глубине поверхностного слоя  $C = f(X)$ , аналогичен зависимости  $MTB = f(X)$  (рисунок 3).

Поэтому практическое определение параметров зависимости  $C = f(X)$  осуществляется по аналогии с зависимостью  $MTB = f(X)$  путем подбора значений  $\lambda$  и  $K_v$ . Численное значение  $\lambda$  подбирается из условия подобия графиков зависимостей  $C = f(X)$ ,  $MTB = f(X)$ . Определение значения  $K_v$  осуществляется с учетом основных положений теории подобия согласно которым значение параметров по модели и объекта исследования в сходственных точках должны быть безразмерными и равны между собой

$$C \times K_c = MTB \times K_{MTB}$$

$$K_v = K_c / K_{MTB} \text{ или } MTB = C \times K_v$$

где  $K_c$ ,  $K_{MTB}$  – коэффициенты пропорциональности концентрации дефектов и микротвердости;

$K_v$  – коэффициент подобия;

$MTB$ ,  $C$  – значения микротвердости и концентрации дефектов поверхностного слоя в сходственных точках (кгс/мм<sup>2</sup>), рисунок 3.

Таким образом с учетом численного значения коэффициента  $[K_v]$  вероятность событий (V) и (F) определится как

$$P(F) = 1 - \exp(-K_v \times (Co + (K1 \times P1 \times Co + K1 \times P1 \times Co \times K2 \times P2) \times \exp(-\lambda \times Xi)));$$

$$P(V) = 1 - \exp(-K_v \times (Co \times Xi + (K1 \times P1 \times Co + K1 \times P1 \times Co \times K2 \times P2) \frac{1 - \exp(-\lambda \times Xi)}{\lambda}));$$

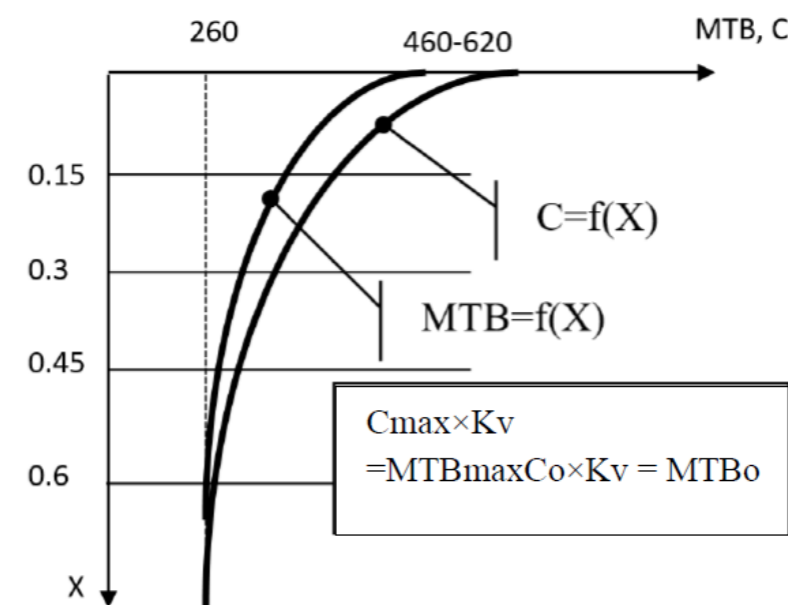


Рисунок 3 – Значения микротвердости и концентрации дефектов поверхностного слоя в сходственных точках

Численное, компьютерное моделирование является одним из эффективных методов изучения сложных систем. Полученные модели проще и удобнее исследовать в силу их возможности проводить т.н. вычислительные эксперименты, в тех случаях, когда реальные эксперименты затруднены из-за финансовых или физических препятствий или могут дать непредсказуемый результат. Логичность и формализованность разработанных, компьютерных моделей позволяет выявить основные факторы, определяющие свойства изучаемого объекта-оригинала (или целого класса объектов), в частности, исследовать отклик моделируемой физической системы на изменения ее параметров и начальных условий. Построение компьютерной модели состоит из двух этапов – сначала создание качественной, а затем и количественной модели.

Компьютерное, численное моделирование заключается в проведении серии вычислительных экспериментов на компьютере, целью которых является анализ, интерпретация и сопоставление результатов моделирования с реальным поведением изучаемого объекта и, при необходимости, последующее уточнение модели и т.д.

Результаты численного моделирования согласно предлагаемой вероятностной модели возмущения процесса формообразования при срезании слоя  $V_x$  представлены на рисунках 4-7.

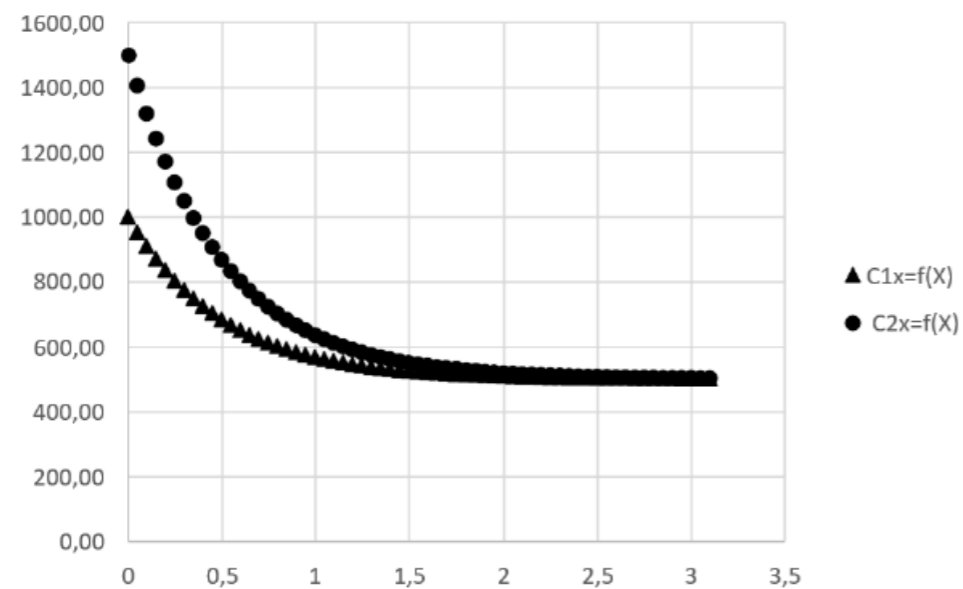


Рисунок 4 – Изменение концентрации дефектов по глубине поверхностного слоя (X)  $C1x=f(X)$ ,  $C2x=f(X)$ , при выполнении соответственно ТВ1 и ТВ2.

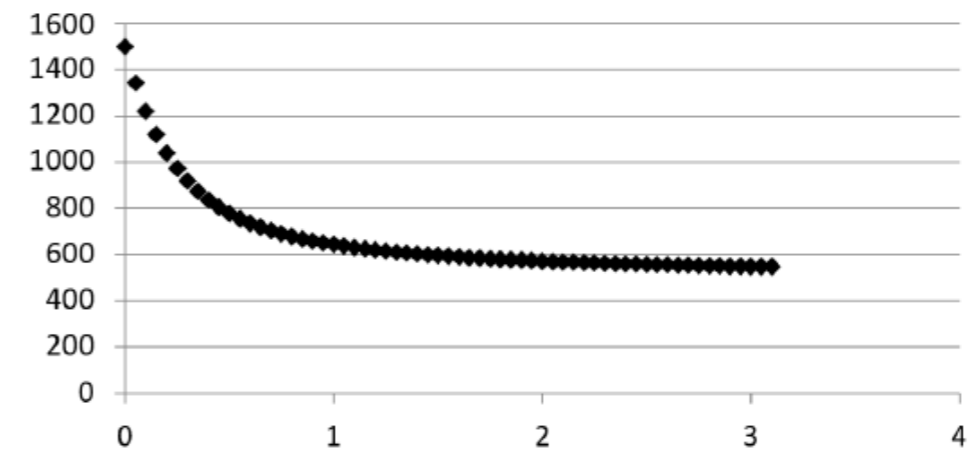


Рисунок 5 – Изменение объемной концентрации  $Cv$  по глубине поверхностного слоя (X)  $Cv=f(X)$

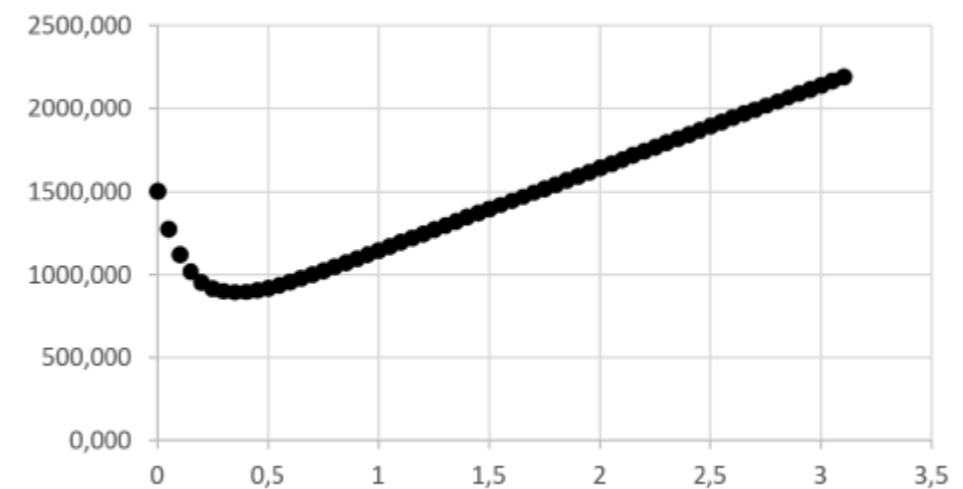


Рисунок 6 – Зависимость количества дефектов в срезанном слое от его толщины (X)



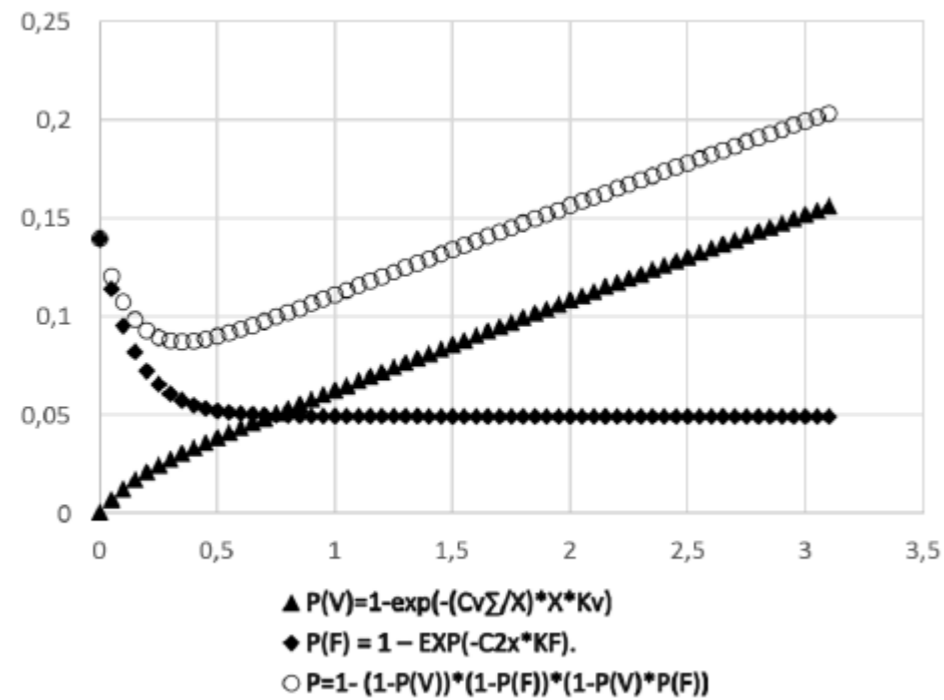


Рисунок 7 – Вероятность возмущения процесса формообразования при срезании слоя Vx

P – Вероятность встречи дефектов металлорежущим инструментом при срезании слоя толщиной X; P(F) – Вероятность встречи дефектов металлорежущим инструментом в плоскости резания при срезании слоя толщиной X; P(V) – Вероятность встречи дефектов металлорежущим инструментом в срезанном объеме при срезании слоя толщиной X.

**Выводы**

В соответствии с принятой концепцией разработана физическая модель срезания поверхностного слоя объемом (Vcp), единичной площади (Fp) толщиной (Xi), согласно которой возмущение процесса формообразования происходит в результате одного из следующих событий:

- событие F – встреча с дефектом в плоскости резания Fp;
- событие V – встреча с дефектом в объеме (Vcp) срезанного слоя;
- событие FV одновременно происходит событие F и событие V.

Разработана математическая модель  $P = f(Xi)$  – вероятности взаимодействия дефектов с МРИ, в зависимости от глубины поверхностного слоя Xi, при последовательном двукратном технологическом воздействии с учетом фактора технологической наследственности (ТН).

$$P = 1 - (1 - P(F)) * (1 - P(V)) * (1 - P(FV))$$

где

$$P(F) = 1 - \exp(-Kv * (Co + (K1 * P1 * Co + K1 * P1 * Co * K2 * P2)) * \exp(-\lambda * Xi));$$

$$P(V) = 1 - \exp(-Kv * (Co * Xi + (K1 * P1 * Co + K1 * P1 * Co * K2 * P2) * \frac{1 - \exp(-\lambda * Xi)}{\lambda}));$$

$$P(FV) = P(F) * P(V).$$

Выполненное численное моделирование, предлагаемой модели, позволило установить наличие экстремума зависимости вероятности взаимодействия дефектов с МРИ от глубины срезанного поверхностного слоя Xi при втором технологическом воздействии (ТВ2) с учетом фактора (ТН).

$$P = 1 - (1 - P(F)) * (1 - P(V)) * (1 - P(FV))$$

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

- 1 **Фрейденталь, А. М.** Статистический подход к хрупкому разрушению // Разрушение / Под ред. Г. Либовица. – М. : Мир. – 1975. – Т.2. – С. 61 –645.
- 2 **Гурман, В. Е.** Теория вероятности и математическая статистика. – М. : Высшая школа, 1977. – 479 с.
- 3 **Барзов, А. А., Галиновский, А. Л., Пузаков, В. С., Троцкий, О. А.** Вероятностное моделирование в инновационных технологиях. – М. : Изд-во «НТ», 2006. – 100 с.
- 4 **Barzov, A. A., Belov, V. A., Denchik, A. I.** Information analysis of combined ultra-jet express diagnostics of materials and products of RST // 43rd Academic Space Conference – Pioneers of Space Exploration «Korolev Academic Space Conference», Bauman Moscow State Technical University. – AIP Conference Proceedings. – Vol. 2171. – 15 November 2019 – номер статьи 170014. – код 154643.
- 5 **Абашин, М. И., Барзов, А. А., Денчик, А. И., Мусина, Ж. К.** Анализ инновационного потенциала ультраструйных гидротехнологий // Наука и техника Казахстана. – 2016. – № 3 – 4. – С. 7–16
- 6 **Барзов, А. А., Денчик, А. И., Прохорова, М. А., Сысоев, Н. Н.** Масштабный фактор (феноменология и физико-технологические приложения). – М. : Физический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова. М. – 194 с. – ISBN 978-5-8279-0195-2.
- 7 **Барзов, А. А., Денчик, А. И., Мусина, Ж. К., Ткачук, А. А.** Разработка аналитической модели вероятностного формирования точности исполнительного размера с учетом влияния масштабного фактора // Наука и техника Казахстана, 2021. – № 1. – С. 19–29.

8 **Барзов А. А., Денчик А. И., Мусина Ж. К., Ткачук А. А.** Вероятностная модель имитационного моделирования формирования точности исполнительного размера при множественном возмущении процесса механической обработки // Вестник ТоУ, 2021. – № 1. – С. 45–57

9 **Барзов А. А., Денчик А. И., Ткачук А. А.** Имитационное моделирование процесса вероятностного формирования исполнительного размера // Наука и техника Казахстана, 2020. – № 1. С. – 39–47

10 **Денчик А. И., Мусина Ж. К., Касенов А. Ж., Мусина Л. Р.** Разработка вероятностной-имитационной математической модели формирования параметров поврежденности обработанной поверхности при двукратном технологическом воздействии // Наука и техника Казахстана. – 2022. – № 1. – С. 28–39. – DOI 10.48081/JGZE9345. – EDN DDHFAP.

## REFERENCES

1 **Freudenthal, A. M.** Statistical approach to brittle fracture // Fracture / Ed. G. Liebovica. – Moscow. : Mir. – 1975. – V.2. – S. 616–645 p.

2 **Gurman, V. E.** Probability theory and mathematical statistics. - M.: Higher School, 1977. – 479 p.

3 **Barzov, A. A., Galinovsky, A. L., Puzakov, V. S., Troshchiy, O. A.** Probabilistic modeling in innovative technologies – M.: Publishing house «NT», 2006 – 100 p.

4 **Barzov, A. A., Belov, V. A., Denchik, A. I.** Information analysis of combined ultra-jet express diagnostics of materials and products of RST // 43rd Academic Space Conference – Pioneers of Space Exploration «Korolev Academic Space Conference», Bauman Moscow State Technical University. – AIP Conference Proceedings, Vol. 2171, 15 November 2019. № 170014, code 154643.

5 **Abashin, M. I., Barzov, A. A., Denchik, A. I., Mussina, Zh. K.** Analysis of the innovative potential of ultrajet hydrotechnologies // Science and Technology of Kazakhstan. – 2016. – № 3-4. – P. 7 – 16.

6 **Barzov, A. A., Denchik, A. I., Prokhorova, M. A., Sysoev N. N.** Scale factor (phenomenology and physical and technological applications). Faculty of Physics, Moscow State University named after M. V. Lomonosov. Moscow. – 194 p. ISBN 978-5-8279-0195-2.

7 **Barzov, A. A., Denchik, A. I., Mussina, Zh. K., Tkachuk, A. A.** Development of an analytical model for the probabilistic formation of the accuracy of the executive size, taking into account the influence of the scale factor // Science and Technology of Kazakhstan. – 2021. – № 1 – P. 19–29

8 **Barzov, A. A., Denchik, A. I., Mussina, Zh. K., Tkachuk, A. A.** Probabilistic model of simulation modeling of the formation of the accuracy of the executive size with multiple perturbation of the machining process // Bulletin ToU, 2021. – № 1. – P. 45–57

9 **Barzov, A. A., Denchik, A. I., Tkachuk, A. A.** Simulation modeling of the process of probabilistic formation of the executive size // Science and Technology of Kazakhstan. – 2020. – № 1. – P. 39–47

10 **Denchik, A. I., Mussina, Zh. K., Kasenov, A. Zh., Mussina, L. R.** Development of a probabilistic simulation mathematical model for the formation of damage parameters of a treated surface under a two-time technological impact // Science and Technology of Kazakhstan. – 2022. – № 1. – P. 28–39. – DOI 10.48081/JGZE9345. – EDN DDHFAP.

Материал поступил в редакцию 16.09.22.

**А. И. Денчик<sup>1</sup>, Ж. К. Мусина<sup>2</sup>, \*А. Ж. Касенов<sup>3</sup>,  
Р. Б. Кусаинов<sup>4</sup>, Л. Р. Мусина<sup>5</sup>**

Торайғыров университет, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.  
Материал поступил в редакцию 16.09.22.

### ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ТҰҚЫМ ҚУАЛАУШЫЛЫҚ ФАКТОРЫН ЕСКЕРЕ ОТЫРЫП, ДӘЙЕКТІ ЕКІ ЕСЕ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ӘСЕР ЕТУ КЕЗІНДЕ АҚАУЛАРДЫ БӨЛҮДІҢ ЫҚТИМАЛДЫҚ МОДЕЛІ

*Кесумен механикалық өңдеу кезінде сапа мәселесін шешудің қиындығы өнімді өндірудің технологиялық процесіне әсер ететін көптеген факторларды ескеру қажет.*

*Осыған байланысты әмбебаптығы ғылыми-техникалық мәселелердің кең ауқымын шешуге мүмкіндік беретін зерттеудің ықтималдық-статистикалық әдістерін қолдану өзекті болып табылады.*

*Технологиялық тұқым қуалаушылық факторын ескере отырып, кесу арқылы механикалық өңдеу кезінде беткі қабаттың ақау дәрежесін қалыптастырудың ықтималды тәсілі, біздің ойымызша, бұл бағыттағы зерттеудің перспективалық бағыты болып табылады, өйткені ол қалыптау процесінің кинетикасының ең жалпы заңдылықтарын талдауға мүмкіндік береді.*

*Сонымен қатар, ықтималдық тәсілі сапа параметрлерін қалыптастыру процесіне беткі қабаттың көптеген ақауларының әсер етуінің кездейсоқ сипатын интегралды түрде ескеруге мүмкіндік береді. технологиялық тұқым қуалаушылық факторын ескере отырып, нақты технологиялық операцияның оңтайлы нәтижесін анықтау мақсатында өңдеу*

*Біздің жағдайда, бұл беткі қабаттың тереңдігі бойынша ақаулардың таралу ықтималдығының минималды мәнін қамтамасыз ету үшін екінші технологиялық әсерді (ТӘ2) орындау кезінде кесілген қабаттың қалыңдығын анықтау.*

*Тапсырманы шешуде беткі қабаттың ақаулары Металл кескіш құралмен әрекеттескенде пайда болатын қалыптау процесінің функционалды маңызды технологиялық бұзылысы (ФМТБ) ұғымы қолданылды.*

*Сандық модельдеу әдісін қолдану нәтижесінде ұсынылған  $P = F(X_i)$  ықтималдық моделіне сәйкес, технологиялық тұқым қуалаушылық факторын ескере отырып,  $X_i$  беттік қабаттың қалыңдығына байланысты, металл кескіш құралмен ақаулардың өзара әрекеттесу ықтималдығының минималды мәні – оптимумның болуы көрсетілген. технологиялық экспозиция.*

*Кілтті сөздер: дәлдік, масштаб факторы, ықтималдық моделі, сандық модельдеу, функционалды технологиялық бұзылыс, технологиялық әсер.*

A. I. Denchik<sup>1</sup>, Zh. K. Mussina<sup>2</sup>, \*A. Zh. Kasenov<sup>3</sup>,R. B. Kussainov<sup>4</sup>, L. R. Mussina<sup>5</sup>

Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar

Material received on 16.09.22.

**PROBABILISTIC MODEL OF DEFECT DISTRIBUTION WITH  
SEQUENTIAL TWOFOLD TECHNOLOGICAL IMPACT TAKING  
INTO ACCOUNT THE FACTOR OF TECHNOLOGICAL HEREDITY**

*The complexity of solving the quality problem during mechanical cutting is the need to take into account a large number of factors that affect the technological process of manufacturing the product.*

*In this regard, the use of probabilistic and statistical research methods, the universality of which allows solving a wide range of scientific and technical problems, is relevant.*

*In our opinion, the probabilistic approach to the formation of the degree of defect of the surface layer during mechanical cutting, taking into account the factor of technological heredity, is a promising direction of research in this direction, since it allows us to analyze the most general laws of the kinetics of the shaping process.*

*At the same time, the probabilistic approach makes it possible to integrally take into account the random nature of the impact of numerous defects of the surface layer on the process of forming quality parameters. processing, in order to determine the optimal outcome of a specific technological operation, taking into account the factor of technological heredity.*

*In our case, this is the determination of the thickness of the cut layer when performing the second technological action (TA2) in order to ensure a minimum value of the probability of distribution of defects over the depth of the surface layer.*

*In solving this problem, the concept of a functionally significant technological disturbance (FSTD) of the shaping process, which occurs when defects of the surface layer interact with a metal-cutting tool, was used.*

*As a result of the application of the numerical modeling method, according to the proposed probabilistic model  $P = f(X_i)$ , it is shown that there is an optimum – a minimum value of the probability of interaction of defects with a metal cutting tool, depending on the thickness of the cut surface layer  $X_i$ , taking into account the factor of technological heredity, with successive twofold technological impact.*

*Keywords: accuracy, scale factor, probabilistic model, numerical modeling, functionally technological disturbance, technological impact.*

МРНТИ 55.01.81

<https://doi.org/10.48081/UPPD2511>**\*А. А. Джомартов<sup>1</sup>, А. К. Тулешов<sup>2</sup>**<sup>1,2</sup>Институт механики и машиноведения имени академика

У. А. Джолдасбекова, Республика Казахстан, г. Алматы

**ТРОСОВЫЙ ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ РОБОТ**

*В работе представлены основные подходы разработки тросового параллельного робота на базе научных исследований Института механики и машиноведения имени академика У. А. Джолдасбекова. Изготовлен прототип подвешенного точечного тросового параллельного робота (ТПР), который состоит из неподвижной прямоугольной рамы, четырех лебедок, четырех гибридных шаговых двигателей с драйверами и четырех тросов. Прототип ТПР оснащен 4 датчиками силы, для экспериментального определения силы натяжения тросов. Датчики силы подключены к измерительной тензометрической системе ZET 058.*

*Разработан графический интерфейс управления прототипом ТПР для воспроизведения концевым эффектором кривых (круг, эллипс и т.д.). Прототип ТПР имеет возможность ручного управления поступательным движением концевой эффектором: вперед-назад, влево-вправо, вверх-вниз. Данный прототип ТПР используется в институте для проведения научно-исследовательских работ магистрантами и докторантами и для проведения практических семинаров для студентов. Проведение студентами лабораторных работ, с использованием прототипа подвешенного точечного ТПР, дало эффект лучшего понимания структуры и работы ТПР. Стоит отметить, что студенты, после практической работы на прототипе ТПР, быстрее усвоили методы кинематического, статического и динамического анализа и управления ТПР. Кроме этого, у студентов появился интерес к усовершенствованию и созданию принципиально новых ТПР.*

*Ключевые слова: анализ, разработка, трос, подвешенной, робот.*

**Введение**

Эволюция робототехнических систем за последние годы закономерно привела к отказу от слепого копирования биологических принципов организации движения верхних и нижних конечностей: вместо «антропоморфных» роботов появился новый класс роботов с «параллельной кинематикой», основанных на использовании преимуществ замкнутых кинематических цепей. Роботы с открытой кинематической структурой обладают низкой грузоподъемностью, малой жесткостью и низкой точностью позиционирования при существенно увеличенном диапазоне скоростей и нагрузок. Как правило, роботы используются в качестве вспомогательного оборудования и не должны ограничивать производительность обслуживаемого технологического оборудования. Поскольку робот работает не на

установившихся переходных режимах, а на управляемых переходных режимах, основная мощность двигателей тратится на интенсивный разгон и торможение, что обуславливает низкий КПД в кинематических схемах открытого типа.

В настоящий момент в мире широко используются роботы параллельной структуры, которые обладают повышенными технико-эксплуатационными показателями. Роботы параллельной структуры имеют рабочее звено, которое имеет связь с основанием посредством нескольких кинематических цепей, которые имеют несколько приводов или просто налагает связи на его движение. Роботы параллельной структуры в отличие от обычных роботов с открытой структурой, содержат замкнутые кинематические цепи и работают как пространственные фермы, что соответственно это повышает точность, быстродействие и грузоподъемность. Типичным представителем робота параллельной структуры с жесткими звеньями является параллельный робот Стюарта (рисунок 1, а) с 6 степенями подвижности.

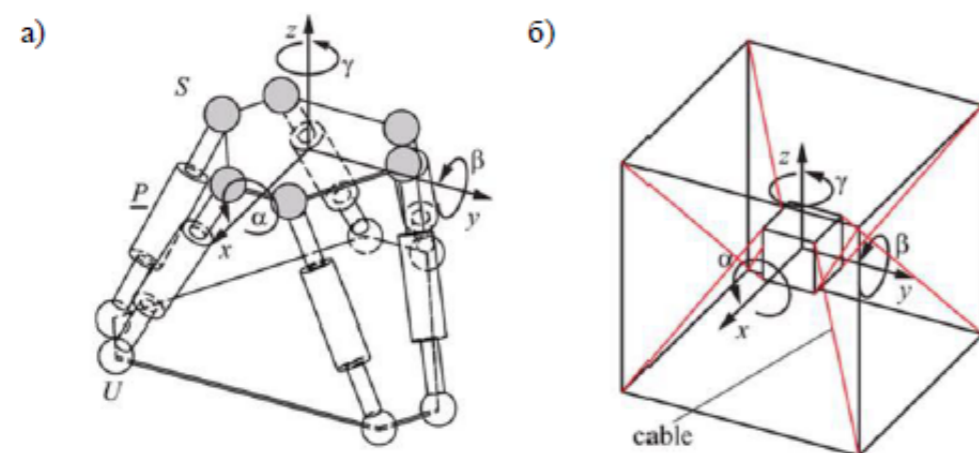


Рисунок 1 – Роботы параллельной структуры: а) параллельный робот Стюарта; б) тросовый параллельный робот

Сегодня появился новый вид параллельного робота это тросовый параллельный робот. Для расширения зоны обслуживания параллельных роботов их жесткие звенья заменяют гибкими (тросами) звеньями и в результате получают тросовые параллельные роботы (рисунок 1, б). Роботы параллельной структуры с гибкими звеньями называют тросовыми параллельными роботами (ТПР). ТПР по сравнению с параллельными роботами с жесткой связью, имеют меньшие инерционные характеристики и высокую скорость и ускорение рабочего органа [1–5]. ТПР широко применяются для решения практических сложных задач из за его большой рабочей зоной обслуживания [1–5]. В тросовых параллельных роботах гибкие звенья могут работать только на растяжение, и теряют свою работоспособность при сжатии. Данная особенность сильно ограничивает разработку и применение тросовых параллельных роботов и требует ее учета при разработке новых ТПР.

### Материалы и методы

При разработке таких роботов особенно важной становится задача эскизного проектирования кинематической схемы робота и на первое место выступает задача многокритериальной оптимизации. Основными критериями качества являются: изотропность, толеранс на ошибки изготовления и упругие изменения длин звеньев, оптимальность передачи усилия, минимальность шарнирных реакций, жесткость.

На основе многокритериального синтеза разработаны кинематические схемы манипуляторов с замкнутыми кинематическими цепями и опорно-двигательных механизмов шагающих роботов, позволяющие достичь наиболее рационального сочетания механических и электронно-управляющих систем.

### Результаты и обсуждения

Первый ТПР RoboCrane был разработан в 1989 году в Национальном институте стандартов и технологий (NIST, США), который отличается простотой и удобством обработки грузов в портах, строительстве мостов и других областях (рисунок 2) [6].



Рисунок 2 – Тросовый параллельный манипулятор RoboCrane

Для проведения видеосъемок на стадионах, в 1980 году был разработан ТПР SkyCam (рисунок 3) [7] с четырьмя тросами, с максимальной рабочей скоростью движения камеры 44,8 км/ч.



Рисунок 3 – Тросовый параллельный робот SkyCam

В работе [8] разработан ТПР (рисунок 4) для фенотипирования сельскохозяйственных культур, в частности кукурузного поля площадью один гектар.

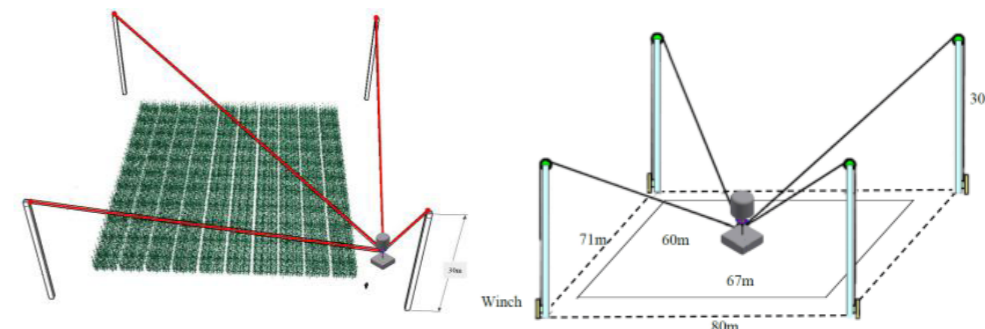


Рисунок 4 – ТПР для автоматизированного фенотипирования сельскохозяйственных культур

В работе [9] разработан реконфигурируемый ТПР с вышками на мобильной платформе с стабилизирующими лапами (рисунок 5). Данный ТПР имеет большую зону обслуживания и легкую, мобильную конструкцию и хорошо подходит для выполнения различных задач в сельском хозяйстве.



Рисунок 5 – Реконфигурируемый ТПР для сельскохозяйственных работ

Большое распространение ТПР получили в строительстве зданий. В работе [10] разработан ТПР SPIDERobot для автоматизированного строительства, (рисунок 6). Вращающийся рабочий орган может подбирать строительный материал, согласно алгоритму сборки здания, который приводится в движение четырьмя тросами.



Рисунок 6 – ТТР SPIDERobot для автоматизированного строительства

В работе [11] разработан строительный 3D принтер на основе ТТР. 3D ТТР принтер имеет 6 степеней свободы с восемью тросами, приводимыми в движении серводвигателями (рисунок 7). Принтер предназначен для 3D-печати в строительстве с высокой точностью и стабильной траекторией печати с использованием в качестве рабочего органа бетонного экструдера.

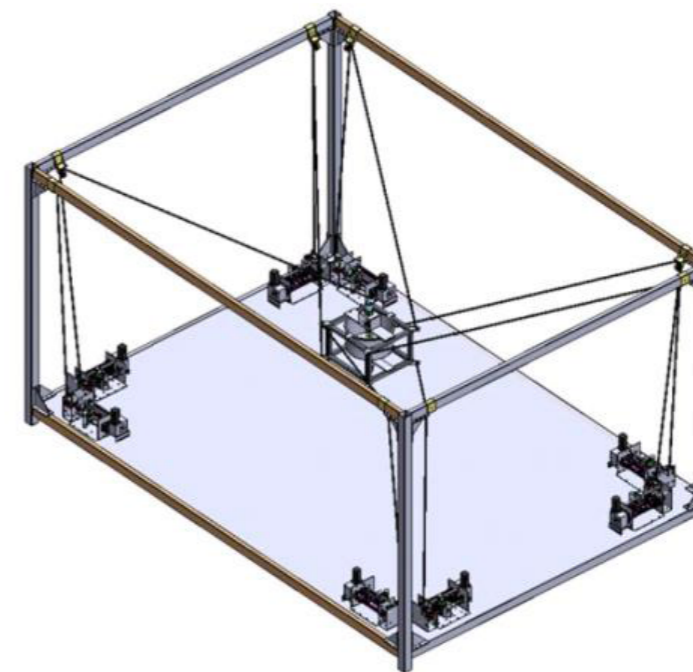


Рисунок 7 – Строительный 3D принтер на основе ТТР

ТТР состоит из трех частей, включая фиксированную платформу, мобильную платформу и несколько тросов, которые используются для соединения фиксированной платформы с мобильной платформой. Длина троса может быть изменена с помощью лебедок, приводимых в действие двигателями, установленными на неподвижной платформе, как показано на рисунок 8 [5].

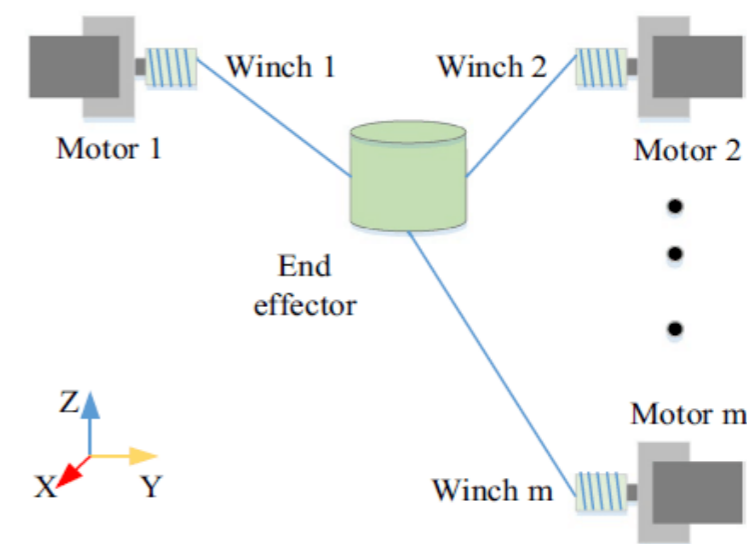


Рисунок 8 – Схема ТТР с m тросами

Благодаря преимуществам ТПР, включая таких, как малая инерционность и большая зона обслуживания, в последнее время в зарубежных институтах уделяется большое внимание разработкам и внедрениям в промышленность ТПР с новой структурой и новыми функциональными возможностями.

В то время как, в Республике Казахстан по тросовым параллельным манипуляторам не проводятся никаких исследований. Появление в стране тросовых параллельных роботов способно значительно расширить спектр научно-исследовательских услуг.

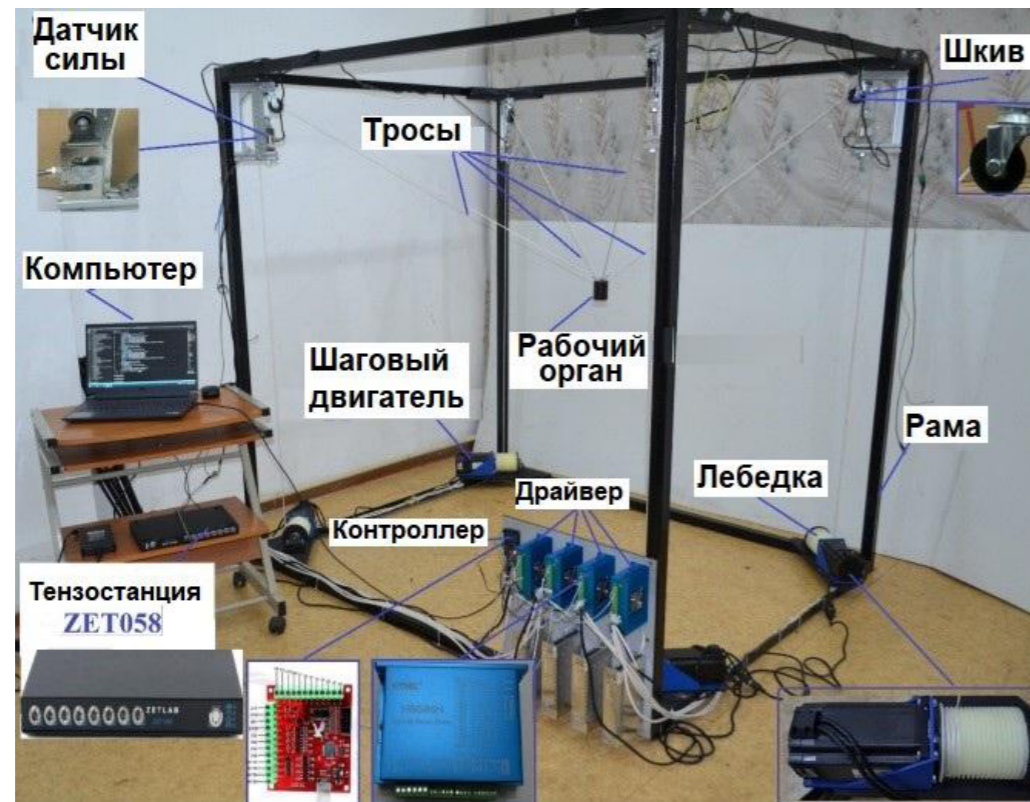


Рисунок 9 – Прототип пространственного ТПР

В институте механики и машиноведения им. У. А. Джолдасбекова изготовлен прототип подвешенного точечного ТПР (рисунок 9), которая состоит из неподвижной прямоугольной рамы, четырех лебедок, четырех гибридных шаговых двигателей с драйверами и четырех тросов. Прототип ТПР оснащен 4 датчиками силы, для экспериментального определения силы натяжения тросов. Датчики силы подключены к измерительной тензометрической системе ZET 058.

#### Выводы

Разработан графический интерфейс управления прототипом ТПР для воспроизведения конечным эффектором кривых (круг, эллипс и т.д.). Прототип ТПР имеет возможность ручного управления поступательным движением конечного эффектора: вперед-назад, влево-вправо, верх-вниз. Данный прототип

ТПР используется в институте для проведения научно-исследовательских работ магистрантами и докторантами и для проведения практических семинаров для студентов. Проведение студентами лабораторных работ, с использованием прототипа подвешенного точечного ТПР, дало эффект лучшего понимания структуры и работы ТПР. Стоит отметить, что студенты, после практической работы на прототипе ТПР, быстрее усвоили методы кинематического, статического и динамического анализа и управления ТПР. Кроме этого, у студентов появился интерес к усовершенствованию и созданию принципиально новых ТПР.

#### REFERENCES

- 1 Pott, A. Cable-Driven Parallel Robots. Theory and Application. – Springer International Publishing AG, part of Springer Nature, 2018. – 465 p.
- 2 Williams, II R. L., Gallina, P. Translational Planar Cable-Direct-Driven Robots University of Trieste // Journal of Intelligent and Robotic Systems. – Vol. 37. – 2003. P. 69–96.
- 3 Oh, S. R., Agrawal, S. K. Cable suspended planar robots with redundant cables: controllers with positive tensions // IEEE Transactions on Robotics. – № 3. – 2005. P. 457-465.
- 4 Zi, B., Qian, S. Design, analysis and control of cable-suspended parallel robots and its applications. Singapore : Springer Singapore, 2017.
- 5 Verhoeven, R. Analysis of the workspace of tendon-based Stewart platforms. – Duisburg : Department of Mechanical Engineering, University of Duisburg-Essen, 2004.
- 6 James, A., Roger, B., Nicholas, D. The NIST robocrane // Journal of Robotic Systems. – № 10. – 1993. – P. 1709–724.
- 7 Tanaka, M., Seguchi, Y., Shimada, S. Kineto-statics of skycam-type wire transport system // Proceedings of USA-Japan Symposium on Flexible Automation, Crossing Bridges : Advances in Flexible Automation and Robotics. – 1988. – P. 689–694.
- 8 Kirchgessner, N. et al. The ETH field phenotyping platform FIP: a cable-suspended multisensory system // Funct. Plant Biol. – Vol. 44. – № 1. – 2017. – P. 154–168.
- 9 Radojicic, J., Surdilovic, D., Krüger, J. Application challenges of large-scale wire robots in agricultural plants // IFAC Proceedings Volumes. – Vol. 46. – № 4. – 2013. – P. 77–82.
- 10 Pinto, A. M., Moreira E., Lima J. et al. A cable-driven robot for architectural constructions: a visual-guided approach for motion control and path planning. // Autonomous Robots, 2017. – 41(7) : 1487–1499.
- 11 Tho, T. P., Thinh, N. T. Using a Cable-Driven Parallel Robot with Applications in 3D Concrete Printing // Appl. Sci. – 2021. – 11. – 563 p.

Материал поступил в редакцию 16.09.22.

\*А. Ә. Джомартов<sup>1</sup>, А. К. Тулешов<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Ө. А. Жолдасбеков атындағы механика және машинатану институты,  
Қазақстан Республикасы Алматы қ.  
Материал баспаға түсті 16.09.22.

### ТРОСТЫҚ ПАРАЛЛЕЛЬ РОБОТЫ

*Жұмыста академик Ө. А. Жолдасбеков атындағы Механика және машинатану институтының ғылыми зерттеулері негізінде тростық параллельді роботты әзірлеудің негізгі тәсілдері ұсынылған. Бекітілген тікбұрышты жақтаудан, төрт лебедкадан, драйверлері бар төрт гибриді қадамдық қозғалтқыштан және төрт кабельден тұратын аспалы нүктелі тростық параллель роботтың (ТПР) прототипі жасалды. ТПР прототипі кабельдердің керілу күшін эксперименттік анықтау үшін 4 күш сенсорымен жабдықталған. Күш датчиктері ZET 058 өлшеу тензометриялық жүйесіне қосылған.*

*Қисықтардың соңғы эффекторын (шеңбер, эллипс және т.б.) көбейту үшін ТПР прототипін басқарудың графикалық интерфейсі жасалды. ТПР прототипі соңғы эффектордың алға-артқа, солға-оңға, жоғарғы-төмен қозғалысын қолмен басқару мүмкіндігіне ие. Бұл ТПР прототипі институтта магистранттар мен докторанттардың ғылыми-зерттеу жұмыстарын жүргізу үшін және студенттерге арналған практикалық семинарлар өткізу үшін қолданылады. Студенттердің аспалы нүктелік ТПР прототипін қолдана отырып, зертханалық жұмыстарды жүргізуі ТПР құрылымы мен жұмысын жақсы түсінуге әсер етті. Айтпа кету керек, студенттер ТПР прототипінде практикалық жұмыстан кейін ТПР кинематикалық, статикалық және динамикалық талдау және басқару әдістерін тезірек игерді. Сонымен қатар, студенттер түбегейлі жаңа ТПР-ны жетілдіруге және құруға қызығушылық танытты.*

*Кілтті сөздер: талдау, әзірлеу, сымды, аспалы, робот.*

\*А. А. Jomartov<sup>1</sup>, A. K. Tuleshov<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Institute of Mechanics and Mechanical Engineering named after W. A. Dzholdasbekova, Republic of Kazakhstan, Almaty  
Material received on 16.09.22

### WIRE PARALLEL ROBOT

*The paper presents the main approaches to the development of a wire parallel robot based on scientific research of the Institute of Mechanics and Machine Science named after Academician U. A. Dzholdasbekov. A prototype of a suspended point wire parallel robot (WPR) has been made, which consists of a fixed rectangular frame, four winches, four hybrid stepper motors with drivers and four cables. The prototype of the WPR is equipped with 4 force sensors for experimental determination*

*of the tension force of the cables. The force sensors are connected to the ZET 058 strain gauge system.*

*A graphical control interface of the prototype WPR has been developed for the reproduction of curves by the end effector (circle, ellipse, etc.). The prototype WPR has the ability to manually control the translational movement of the end effector: forward-backward, left-right, top-down. This prototype of the WPR is used at the Institute for conducting research by undergraduates and doctoral students and for conducting practical seminars for students. Carrying out laboratory work by students, using a prototype of a suspended point WPR, gave the effect of a better understanding of the structure and operation of the WPR. It is worth noting that students, after practical work on the prototype of the WPR, quickly learned the methods of kinematic, static and dynamic analysis and control of the WPR. In addition, students have an interest in improving and creating fundamentally new WPR.*

*Keywords: analysis, development, wire, suspension, robot.*



**K. K. Abishev<sup>1</sup>, \*R. B. Mukanov<sup>2</sup>, A. V. Mazdubay<sup>3</sup>**<sup>1,2,3</sup>Toraighyrov University, Pavlodar, Kazakhstan**STRENGTH CALCULATION OF COMBINED TOOL HEAD IN APM FEM**

*Assembly tool head with asymmetrically spaced hard-alloyed plates of different widths has increased durability, ensures the processing of flat-bottom holes, increases productivity, accuracy, reduces deviations of the shape and reduction of roughness of a surfaces processed. The goal is to perform a reliable calculation of the assembled tool head using ARM FEM. In this paper, two variants of the design of a prefabricated tool head with carbide plates are studied, which differ in the Compass 3D APM FEM environment. The methods of research are the finite element method (FEM), the theory of cutting and chip formation, methods of calculation and design of metal-cutting tools. Computer modeling and on the basis of the distribution of the cutting forces acting on the carbide plates established their balancing and bringing to equality of moments, uniform transformation into the processing process, reducing vibrations and vibrations, and, subsequently, changing errors and improving the accuracy and roughness of the holes. The analysis of the results of the robust calculation showed that the use of a composite tool head with carbide plates of different widths gives male otvruge squeezes, which improves the quality, macro-and micro-deflection of the holes.*

*Keywords: Processing, Hole, Strength, Calculation, CAD, CAE, APM FEM.*

**Introduction**

Sustainable development and reliable operation of mechanical engineering largely determine the energy and material intensity of the economy, labor productivity, the level of environmental safety of industrial production and, ultimately, economic security [1].

Mechanical engineering in Kazakhstan is represented by 6 main segments. The structure of the industry is still dominated by the repair and installation of machinery and equipment – 41 % of the total output. The production of vehicles, including the automotive industry, together accounts for 35 % of the total output.

The share of mechanical engineering in the total volume of industrial production has been increasing since 2008. The volume of mechanical engineering production from 2008 to 2012 increased from 301.4 to 687.2 billion tenge. In 2012, compared to 2008, the volume of production increased by 2.3 times [2].

The machine-building industry ensures the competitiveness of the economy as a whole and thereby increases the employment of the population due to the huge effect on the development of related industries. Thus, the growth of the economy of the Republic of Kazakhstan must be accompanied by faster growth of mechanical engineering that will improve the degree of mechanization in the industry and increase productivity in the sectors of the economy [3].

One of the most important elements that ensure the quality of machine parts processing and labor productivity is the cutting tool as an integral part of metal cutting equipment. The efficiency of the cutting tool has a significant impact on the economic efficiency of the production process.

One of the most pressing issues in mechanical engineering is the process of obtaining holes with increased requirements for processing accuracy, namely: size, macro-deviations and roughness.

A typical technological process for obtaining holes with the following metal-cutting tools: axial (drills, etc.), broaches, heads, cutters, etc. are used based on the operating conditions and purpose and the quality of accuracy.

Traditional drills have drawbacks: geometric and design parameters that make it difficult to remove chips and supply coolant (coolant). In addition, the transverse edge creates difficult conditions: variable rear angle and front-more than minus 50°. As a result, there is no cutting, and plastic deformation and scratching up to 80% of the cutting force during drilling.

There are many methods and ways to create favorable cutting conditions when processing holes, but the geometric parameters of the front angle are still negative, which leads to increased heat generation and wear.

To create favorable cutting conditions, the university conducts research on improving the design of tools and developing original designs [4–10].

When designing original structures of metal-cutting tools, geometric parameters and structural elements are changed, and metals with high mechanical properties are also used [11–16].

The purpose of the work is to perform a strength calculation of the assembled tool head using the FEM AWP. In this paper, two variants of the design of a prefabricated tool head with carbide plates differing in their width in the Compass 3D APM FEM environment are investigated.

**Research methodology and methods**

The proposed and developed metal-cutting tool is a high-precision and high-performance tool for processing holes of the cutting part, which is designed in the form of two cutters: one on the periphery, the other closer to the center.

The tool has increased rigidity without a transverse edge, where the cutting force is evenly distributed during processing, reducing the temperature and distributed load, which provides increased durability and quality of processing accuracy due to smoothing cutting elements, which reduces macro - and micro-deviations [17, 18].

Further analysis and study of the design of the tool allowed to simplify its design, and, consequently, the manufacturing technology, namely, to fix the carbide plates with screws.

This implies their replacement as a result of wear and increases the service life and service life [19–21].

During the processing process, due to the location and the same width of the plates, fluctuations and unbalance occur, which reduces the quality and accuracy.

For this purpose, the design of the tool with different widths of the plates for balancing them has been developed (figure 1).

At the Figure 1 the following parts are presented: 1 – body of combined cutting head; 2 – external hard-alloyed plate; 3 – internal hard-alloyed plate; 4 – screw; 5 – shank of combined cutting head; 6 – rotary motion of combined cutting head; 7 – axial movement of combined cutting head;  $L$  – length of combined cutting head;  $l_x$  – length of shank;  $l_k$  – length of body of combined cutting head;  $l_b$  – length of overhang of hard-alloyed plate;  $b_{i1}$  – width of external hard-alloyed plate;  $b_{i2}$  – width of internal hard-alloyed plate;  $S_i$  – thickness of hard-alloyed plate;  $D_r$  – diameter of cutting head.

The design of the tool allows you to increase the durability and accuracy of processing due to the balance and creation of favorable conditions, as well as maintainability and operating conditions.

When cutting, the cutters remove the chips according to the following scheme: the first cutter is half the diameter of the hole, the second on the periphery and cleans the surface.

Materials of the combined cutter reamer: body – steel 45 as in GOST 4543-2016, hard-alloyed plates – hard alloy T30K4 as in GOST 3882-74. The mechanical and chemical properties of steel 45 are shown in Tables 1 and 2.

The forging temperature of 1250 ° C the beginning of the end of 700 °C.

Weldability – difficult to weld. Heating and subsequent heat treatment is required.

Cutability – in the hot-rolled state at HB 170-179 and  $\sigma_B = 640$  MPa.

Place of publication – insensitive.

The tendency to vacation fragility – not inclined.

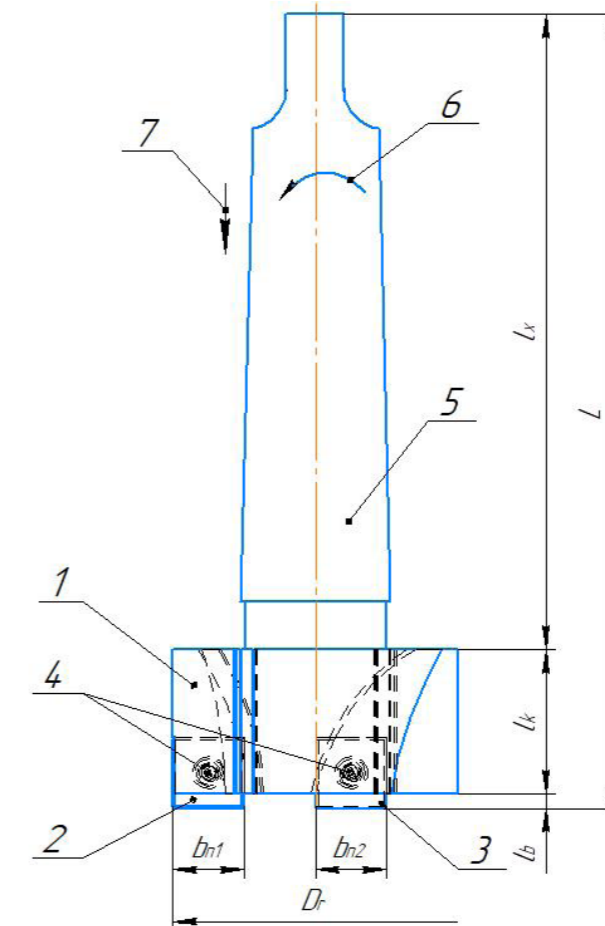


Figure 1 – Advanced design

Table 1 – Chemical composition of steel 45 according to GOST 4543-71

Carbon C, %	Manganese Mn, %	Silicon Si, %	Copper Cu, %	Chrome Cr, %, not more	Sulfur S, %	Phosphorus P, %
					not more	
0,40-0,45	0,50-0,80	0,17-0,37	0,25	0,25	0,04	0,035

Table 2 – Mechanical properties of steel 45 according to GOST 4543-71

Yield strength, $\sigma_T$ , MPa	Ultimate strength, $\sigma_B$ , MPa	Relative elongation, $\delta$ , %	Relative elongation, $\Psi$ , %	Brinell hardness, HB, not more	
				hot rolled	annealed
nevertheless				241	197
360	610	16	40		

The mechanical and chemical properties of the T30K4 hard alloy are shown in Table 3.

Table 3 – Mechanical and chemical properties of T30K4 hard alloy

Tungsten Carbide, WC, %	Titanium Carbide, TiC, %	Tantalum Carbide, TaC, %	Cobalt, Co, %	Flexural strength $\sigma$ , МПа	Hardness, HRA	Density, $\rho$ , g/cm <sup>3</sup>	Thermal Conductivity, Вт/(м·°С)
66	30	–	4	1000	92	9,8	12,57

The equilibrium condition of torques

$$M_{kp.n.} = M_{kp.b.} \quad (1)$$

Having transformed the formula (1), the unit specific force is determined by the formula

$$P_{ud.n.} \times a \times b_n = P_{ud.b.} \times b \times b_b \quad (2)$$

whereas  $P_{ud.n.}$  is single specific force of the external hard-alloyed plate;

$P_{ud.b.}$  is single specific force of the internal hard-alloyed plate;

$a$  is distance from the axis of the combined cutter head to the axis of the hole for attaching the internal hard-alloyed plate;

$b$  is distance from the axis of the combined cutter head to the axis of the hole for attaching the external hard-alloyed plate;

$b_n$  is width of external hard-alloyed plate;

$b_b$  is width of internal hard-alloyed plate;

$D_r$  is cutter head diameter.

We suppose single specific forces of the external  $P_{ud.n}$  and the internal  $P_{ud.b.}$  hard-alloyed plates to be of the same modulo and with the substitute of  $a = \frac{3}{4}b_n$ ,  $b = \frac{b_b}{2}$  in the equation (2) we have that

$$\frac{3}{4}b_n \times b_n = \frac{b_b}{2}b_b \quad (3)$$

Therefore

$$b_b = \sqrt{1.5b_n} \quad (4)$$

With this cheek, the width of the inner plates is 1.22 times larger than the intended one.

The active forces are shown on the figure 2.

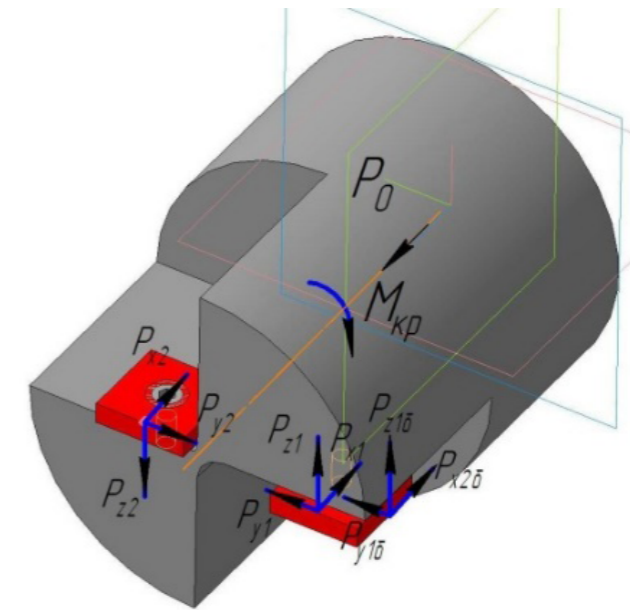


Figure 2 – Forces acting on combined cutting head

Differential equations of motion taking into account the acting forces

$$m\ddot{x}_c = -P_{y1} - P_{y1\delta} + P_{y2} - c_v \dot{x}_c \quad (5)$$

$$m\ddot{z}_c = P_{z1} + P_{z1\delta} - P_{z2} - mg \quad (6)$$

whereas  $C_v$  is the conversion factor;

$m$  is the tool weight;

$x_c$ ;  $z_c$  are the coordinates of the point C of the center of the cutting part in a fixed plane XOZ;

$P_x$ ;  $P_y$ ;  $P_z$  are the axial, radial and tangential forces;

$P_0$ ;  $M_{kp}$  are the longitudinal force and torque.

Currently, the problem of combining two mutually exclusive trends in the design process is relevant: saving material, on the one hand, and ensuring the required strength characteristics of structures, on the other hand. All this can be achieved through the use of computer technology. Today, it is impossible to create high-quality, reliable and competitive equipment without a comprehensive engineering analysis of the designed objects using modern software tools and making competent design decisions based on it. Engineering analysis refers primarily to the study of the stress-strain state of models of designed structures, obtaining their dynamic characteristics and stability characteristics under constant and variable external loading conditions.

The most effective approximate method for solving this class of problems is the finite element method (FEM). FEM is implemented in such well-known and widely used

software products that provide strength calculation of structural models, as ANSYS, NASTRAN, COSMOS, and some others [19–21]. These are very powerful software tools, but they are also not cheap, and they also have an English-language interface. In addition, the model editors of these packages are very complex and require extensive user training. The domestic module of finite element analysis APM FEM, which is part of the CAD/CAE System APM Compass 3D, is to some extent an alternative to these software products [22–25].

This calculation is performed using the Compass 3D software with the built-in APM FEM module.

Body material – stand 45, plate – T30K4. The hole diameter is 60 mm and the processing modes according to the calculations [22] are fixed on the body shank.

The Compass 3D computer program performs the calculation according to the following algorithm: design of 3D models; indication of the mechanical properties of materials and effective loads; rotation and automatic forms a final – element network and specifies the dimensions.

The results of this calculation are shown in figure 3.

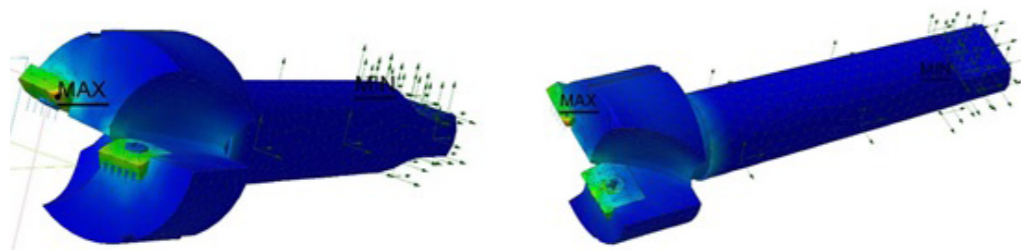


Figure 3 – Static analysis results

#### Results and its discussion

The analysis of the results of statistical analysis confirmed the theoretical assumptions and dependencies with the establishment of equality of forces, uniform growth, vibration reduction, and, therefore, a change in deviations and an increase in the quality and roughness of power.

When designing with the help of the 3D compass, design and geometric parameters are created, drawings are designed for the production of real samples (figure 4).



Figure 4 – Prototypes of combined cutting head

#### Conclusion

Thus, the calculation in the Compass 3D software in the APM FEM module confirmed that the use of the proposed tool creates small elastic squeezes, increases the quality of accuracy and the roughness of the surface of the holes.

Application of the Compass 3D software in the APM FEM in the strength analysis of the assembled cutting head with asymmetrically spaced hard-alloyed plates of different widths subject to the equilibrium of the end torques and cutting conditions allows to increase the productivity of the design, as well as to study its versatility.

**Acknowledgement:** Authors express their gratitude to G. Itybayeva and A. N. Baltabekova who have articles published in similar journals [22, 26], for their assistance in preparing and formatting this article.

#### Funding

The research was carried out within the framework of grant funding for young scientists for 2021–2023 under the project of IRN AP09058231 «Research and design of resource-saving metal-cutting tools», funded under the budget program 217 «Development of Science», subprogram 102 «Grant financing of scientific research» by the Committee of Science of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan.

#### REFERENCES

- 1 **Tashenov, A.** Mechanical engineering in Kazakhstan : challenges and growth prospects. // International Business Magazine Kazakhstan, 2013; 1: 26–29.
- 2 Development of mechanical engineering. // JSC «Kazakhstan Institute of Industry Development». – Astana, December, 2013.

3 **Mendebeev, T. M., Taskarina, A. Zh., Manezhanov, B. A., Ibragimova, Z. A., Aimukhanbet, B. A.** Problems and aspects of the development of the machine-building industry of the Republic of Kazakhstan at the present stage. // Bulletin of KazNTU. – 2012. – 1(89) : 135–137.

4 **Lobanov, D., Yanyushkin, A., Muliukhin, N., Skeebe, V.** Study of the process of tool forming made of high-strength materials. // In : IOP Conference Series : Materials Science and Engineering, 2020. – 709(4). – 044074

5 **Khodzhibergenov, D. T., Esirkepov, A., Sherov, K. T.** Rational milling of metals. // Russian Engineering Research. – 2015. – 35. – P. 43–45. – doi:10.3103/s1068798x1501013x.

6 **Dudak, N., Itybaeva, G., Kasenov, A., Mussina, Z., Taskarina, A., Abishev, K.** Multi-flute drill-broach for precision machining of holes. // Scientia Iranica. – 2019. – 26: 1415–1426. doi:10.24200/sci.2018.5623.1379.

7 **Dudak N., Taskarina A., Kasenov A., Itybaeva G., Mussina Z., Abishev K., Mukanov R.** Hole machining based on using an incisive built-up reamer. // International Journal of Precision Engineering and Manufacturing. – 2017. – 18. – P. 1425–1432.

8 **Khodzhibergenov, D. T., Yanyushkin, A. S., Ibragimova, Z. A., Khozhibergenova, U. D., Sherov, K. T., Absadykov B. N.** Drilling tool with negative drilling force value. // News of the Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Kazakh National Research Technical University named after K. I. Satpayev. Series of Geology and technical sciences, 2019. – 1. – P. 169–175.

9 **Dudak, N. S., Kasenov, A. Z., Musina, Z. K., Itybaeva, G. T., Taskarina, A. Z.** Processing of holes with a reamer-broach. // Life Science Journal. – 2014. – 11. – P. 282–288 / . – doi:10.7537/marslsj1110s14.50.

10 **Dudak, N. S., Itybaeva, G. T., Musina, Z. K., Kasenov, A. Z., Taskarina, A. Z.** A new pass-through lathe cutter. // Russian Engineering Research. – 2014. – 34 (11). – P. 705–707. doi:10.3103/S1068798X14110069.

11 **Doudkin, M., Kim, A., Kombayev, K., Azamatov, B., Azamatova, Z.** Research of cutting temperature reducing of titanium alloy grade 5 below polymorphic transformation depending on calculation of cutting modes. // International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development, 2020. – 10. – P. 747–758.

12 **Divya, C., Raju, L. S., Singaravel, B.** Application of MCDM Methods for Process Parameter Optimization in Turning Process-A Review. In : Narasimham G. S. V. L., Babu A. V., Reddy S. S., Dhanasekaran R. (eds) // Recent Trends in Mechanical Engineering. Lecture Notes in Mechanical Engineering. – Springer. Singapore. 2021. – P. 199–207. – doi:10.1007/978-981-15-7557-0\_18.

13 **Orlov, I. Y., Baidakova, N. V., Bochkarev, P. Y.** Optimal Sequencing at Selection of Abrasive Tools' Characteristics for Their Improvement. // Lecture Notes in Mechanical Engineering, 2020. – P. 1011–1017.

14 **Kumar, S.** Design and Analysis of Weld Bead Cutting Tool Using FEA Technique with Experimental Verification of Cutting Force. In: Pant P., Mishra S. K., Mishra P. C. (eds) // Advances in Mechanical Processing and Design. Lecture Notes in Mechanical

Engineering. – Springer, Singapore, 2021. – P. 581–592. – doi.org/10.1007/978-981-15-7779-6\_53.

15 **Kurguzov, S. A., Nalimova, M. V.** Modeling Wear of Tool's Front Surface During Turning. In: Radionov AA, Kravchenko OA, Guzeev VI, Rozhdestvenskiy YV (Eds.) Proceedings of the 5th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2019). Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, 2021 – P. 1287–1293 doi.org/10.1007/978-3-030-22041-9\_134.

16 **Akhmedov, A. B., Khodzhibergenov, D. T., Khojibergenova, U. D., Ibragimova, Z. A., Absadykov, B. N.** Thermodynamic bases of metal mechanical processing by cutting method. News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences, 2020; 4: 110–119

17 **Dudak, N. S., Mendibaev, T. M., Itybaeva, G. T., Kasenov, A., Musina, Zh. K., Mukanov, R. B., Taskarina, A. Zh.** Pre-assembled tool head for high-performance hole turning. KZ Patent 33140, 8 Oct 2018.

18 **Mukanov, R. B., Kasenov, A., Itybaeva, G. T., Musina, Zh. K., Abishev, K., Bykov, P.O.** Face Turning of Holes. Russian Engineering Research, 2019; 39:75-78.

19 **Sherov, K. T., Sikhimbayev, M. R., Sherov, A. K., Donenbayev, B. S., Rakishev, A. K., Mazdubay, A.V., Musaev, M. M., Abeuova, A. M.** Mathematical modeling of thermofrictional milling process using ANSYS WB software. Journal of Theoretical and Applied Mechanics, 2017. 47 : 24–33. doi:10.1515/jtam-2017-0008

20 **Louhichi, B., Abenhaim, G. N., Tahan, A. S.** CAD/CAE integration: updating the CAD model after a FEM analysis. International journal of advanced manufacturing technology, 2015. 76 : 391–400.

21 **Jiang Y. J.** The modeling of thread-rolling die-plates based on the «Design table» functions in CAD/CAE/CAM // Mechanical and electronics engineering III, PTS 1–5. Applied Mechanics and Materials, 2012/ – Part: 1-5. – 130–134 : 499–503.

22 **Mukanov R., Kasenov A., Itybaeva G., Musina Z., Strautmanis G.** Modeling of the cutting head for treating holes in the railway. // Procedia Computer Science, ICTE 2018. 2019. – 149 : 355–359.

23 **Kamoun, T., Guemri, K.** Modeling of the Cutting Effort. In: Kharrat M., Baccar M., Dammak F. (eds) // Advances in Mechanical Engineering, Materials and Mechanics. ICAMEM 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering. – Springer, 2021. – Cham : 32–37. – https://doi.org/10.1007/978-3-030-52071-7\_5.

24 **Petrakova, E., Sumatokhin, V.** Development of Algorithm for Creating Parametric 3D Models, Controlled by Mathcad Calculations, to Study Parameters of Enclosed Gears Housing. / In: Radionov A. A., Kravchenko O. A., Guzeev V. I., Rozhdestvenskiy Y. V. (Eds.) // Proceedings of the 5th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2019). Lecture Notes in Mechanical Engineering. – Springer 2019. – P. 473–483 doi.org/10.1007/978-3-030-22041-9\_51.

25 **Laporte, S., K'Nevez, J. Y., Cahuc, O., Darnis, P.** Phenomenological model for drilling operation. // N International journal of advanced manufacturing technology. – 2009. – 40: 1-11.

26 Buss, D., Abishev, K., Baltabekova, A. Driver`s reliability and its effect on road traffic safety. // Procedia Computer Science, ICTE 2018. – 2019. – 149: 463–466.

Материал поступил в редакцию 16.09.22.

**К. К. Абишев<sup>1</sup>, \*Р. Б. Муканов<sup>2</sup>, А. В. Маздубай<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Торайғыров университет, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

Материал баспаға түсті 16.09.22.

### АРМ FEM-ДЕ ЖИНАҚТАЛҒАН КЕСКІШ БАСТИЕГІН БЕРІКТІККЕ ЕСЕПТЕУ

Ені әртүрлі асимметриялы орналастырылған қатты қорытпа пластиналары бар жинақталған кескіш бастиегі жоғары беріктікке ие, тегіс түбі бар тесіктерді өңдеуін қамтамасыз етеді, өнімділікті, дәлдікті арттырады, пішіннің ауытқуын азайтады және өңделетін беттердің кедір-бұдырын төмендетеді.

Жұмыстың мақсаты – АРМ FEM көмегімен жинақталған кескіш бастиектің беріктікке есептеуін жүргізу. Бұл жұмыста Компас 3D АРМ FEM бағдарламасында есептелетін қатты қорытпа пластиналары бар жинақталған кескіш бастиек құрылысының екі нұсқасы зерттеледі. Зерттеу әдістеріне шекті элементтер әдісі (ШЭӘ), кесу және жоңқа түзу теориясы, металл кескіш құралдарды есептеу және жобалау әдістері жатады.

Компьютерлік модельдеу және қатты қорытпа пластиналарына әсер ететін кесу күштерін бөлу негізінде олардың тепе-теңдігі мен моменттердің теңдігіне, өңдеу үрдісінде біркелкі түрлендіруге, діріл мен сілкіністердің төмендеуіне, соның нәтижесінде қателіктердің өзгеруіне және тесіктердің дәлдігі мен кедір-бұдырлығының жоғарылауына негізделген.

Беріктікке есептеу нәтижелерін талдау ені әртүрлі қатты қорытпа пластиналары бар жинақталған кескіш бастиекті пайдалану тесіктердің сапасын, макро- және микроауытқуларын жақсартады және олардың бузылуын аз мөлшерде көрсетті.

Кілтті сөздер: өңдеу, тесік, беріктік, есептеу, CAD, CAE, АРМ FEM.

**К. К. Абишев<sup>1</sup>, \*Р. Б. Муканов<sup>2</sup>, А. В. Маздубай<sup>3</sup>**

Торайғыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар,

Материал поступил в редакцию 16.09.22.

### ПРОЧНОСТНОЙ РАСЧЁТ СБОРНОЙ РЕЗЦОВОЙ ГОЛОВКИ В АРМ FEM

Сборная резцовая головка с асимметрично расположенными твердосплавными пластинами разной ширины обладает повышенной прочностью, обеспечивает обработку отверстий с плоским дном, повышает производительность, точность, уменьшает отклонения формы и уменьшает

шероховатость обрабатываемых поверхностей. Цель состоит в том, чтобы выполнить прочностной расчёт сборной резцовой головки с использованием АРМ FEM. В данной работе изучаются два варианта конструкции сборной резцовой головки с твердосплавными пластинами, которые рассчитываются в среде Компас 3D АРМ FEM. Методами исследования являются метод конечных элементов (МКЭ), теория резания и стружкообразования, методы расчета и конструирования металлорежущего инструмента. Компьютерным моделированием и на основе распределения сил резания, действующих на твердосплавные пластины, установлено их уравнивание и приведение к равенству моментов, равномерное преобразование в процесс обработки, уменьшение вибраций и сотрясений, и, как следствие, изменение погрешностей и повышение точности и шероховатости отверстий. Анализ результатов прочностного расчета показал, что использование сборной резцовой головки с твердосплавными пластинами разной ширины дает меньшую разбивку, что улучшает качество, макро- и микроотклонение отверстий.

Ключевые слова: обработка, отверстие, прочность, расчёт, CAD, CAE, АРМ FEM.

**Е. Т. Абилямжиров<sup>1</sup>, \*К. Д. Орманбеков<sup>2</sup>**<sup>1,2</sup>Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,

Қазақстан Республикасы, Семей қ.

**ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНДІ МОДИФИКАЦИЯЛАУ ӘДІСТЕРІ  
ЖӘНЕ МАТЕРИАЛДЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН АРТТЫРУ ҮШІН  
ЭЛЕКТРОНДЫ СӘУЛЕЛЕНУДІ ҚОЛДАНУ ТИІМДІЛІГІ**

Мақалада машина жасаудағы қолданылатын полимер арасындағы қазіргі уақыттағы трибология нұсқаулығы бойынша оңтайлы деп саналатын политетрафторэтилен жайлы қамтылған. Машина тораптарында қолданылатын ПТФЭ маңыздылығы көрсетілген. Политетрафторэтиленнің химиялық құрылымына қатысты сипаттамасы жазылған. Оның алу жолдарына қатысты сұрақтарға бірнеше жауаптар бар.

Сондай-ақ иондық, гамма, электронды сәулемен өңдеуге сараптама жүргізілген. Тозуға төзімділікті арттыру жолдарын қарастырылған. Модификациялау байланысты полимердің көлемдік және беттік қасиеттерінің өзгерісіне мысалдар келтірілген. Әр әдістің өзіндік ерекшелігі, кемшіліктері және артықшылығы анықталды. Айтылған материалдың трибологиялық және механикалық қасиеттерінің ерекшеліктері және осы қасиеттердің деформацияға әсеріне салыстырма талдау бар. ПТФЭ түрлендірудің электронды сәулелендіру әдісі бастапқы материалмен салыстырғанда сапалы материалды алуға мүмкіндігі туралы жазылған. Политетрафторэтилен кристалдық фазаның балқу температурасынан жоғары температурада сәулеленуі полимердің бірегей өзгерісі жайлы айтылады. Сондай ақ политетрафторэтиленді механикалық және трибологиялық қасиеттерін өзгертуге алғашқы сәтсіздіктерге және де қазіргі кездегі бар зерттеулер мен нәтижелерге талдау бар. Таза ПТФЭ және өңделген полимердің қасиеттері арасындағы айырмашылықтар қарастырылды. Материалдың үйкеліс мақсатында сапасын арттырудың оңтайлы жолы, қойылатын талаптар сай политетрафторэтиленнің өндірістік сапасын жоғарлатын әдісті таңдауға негіздеме бар.

Кілтті сөздер: политетрафторэтилен (ПТФЭ), электронды сәулемен өңдеу, механикалық қасиет, трибология, деформация, тозуға төзімділік.

**Кіріспе**

Қазіргі уақытта машина жасау әлемдегі жетекші салалардың бірі болып саналады. Осыған байланысты машина жасау саласы көптеген материалдарды, соның ішінде полимерлерді де тұтынушы болып табылады. Шын мәнінде, полимерлер-бұл барлық қасиеттері бар әмбебап синтетикалық материалдар. Олардың кейбіреулері болат сияқты берік, ал басқалары икемділікке ие.

Полимерлер пайда болғаннан кейін іс жүзінде алмастырылмайтын болды. Енді өмірді пластмассасыз елестету мүмкін емес [1].

Бірегей физика-механикалық, химиялық және триботехникалық қасиеттеріне байланысты ПТФЭ негізіндегі полимерлі композициялық материалдар машиналардың үйкеліс түйіндерін жасау үшін кеңінен қолданылады. Алайда, оның тозуға төзімділігі төмен және жоғары сырғымаға ие, сондықтан оны құрылымдық материал ретінде пайдалану аясы шектеулі.

Политетрафторэтилен (ПТФЭ) жоғары химиялық және биологиялық қасиеттері бойынша қолайлы материал. Төзімділік, термиялық тұрақтылық, сонымен қатар оның тамаша диэлектрлік, антифрикциялық және адгезияға қарсы қасиеттері политетрафторэтиленді (ПТФЭ) көптеген өнеркәсіптер және машина жасауда әр түрлі бұйымдарды жасау үшін қолайлы материал қарастыруға болады [2].

**Материалдар және зерттеу әдістері**

Осы мақаланың теориялық-әдістемелік негізін шетелдік авторлардың жұмыстары құрайды. Политетрафторэтилен зерттеу барысында оның алу жолдарын және материалдық қасиеттерін өзгертуге байланысты әдістерді бағалау үшін кешенді тәсіл қолданылды, оның ішінде талдау және синтез, салыстыру және жалпылау, дедукция мен индукция, ғылыми абстракциялау және жалпылау.

**Нәтижелер мен талқылаулар**

Трибологиялық мақсатта қолдану үшін ПТФЭ орынды және кең таралған полимер материал болып табылады. ПТФЭ молекулаларының құрылымы үйкеліс кезінде жұқа материалдың тасымалдануын тудырады және бетке пленка үйкеліс коэффициентінің мәнін жақсартады. Ол белгілі бір трибологиялық полимерлі пластиналар мен түйіндердің өзара әрекеттесу кезінде (миллиметрдің оннан бірнеше бөлігі) өндірістік процестің нәтижесінде пайда болатын технологиялық ақаулары жоқ таза ПТФЭ өте жоғары тозу дәрежесімен сипатталады [3]. Тозуға төзімділігін жақсартудың бірнеше жолы бар, мысалы материалға әр түрлі толтырғыштарды қосу, сондай-ақ электронды-сәуле немесе гамма-сәулелік қолдану арқылы сәулелендіру [4].

Политетрафторэтилен, ПТФЭ-(CF<sub>2</sub>-CF<sub>2</sub>)<sub>n</sub> – еркін радикалды механизм бойынша су ортасында қысыммен газ тәрізді тетрафторэтиленді (TFE) полимерлеу арқылы ұнтақ түрінде алынады. Полимерлеу кезінде тармақтарсыз немесе көлемді бүйірлік топтарсыз сызықты тізбектер пайда болады. Полимерлеудің бастамашысы-суда еритін пероксид, аммоний персульфаты немесе диянтар қышқылының пероксиді. Төмен температуралы полимеризация үшін тотығу катализаторы қолданылады.

Бастапқыда беттік-белсенді заттарды (беттік-белсенді заттарды) пайдаланбай ПТФЭ суспензиялық полимерлеу әдісі жасалынды. Бұл әдіс түйіршікті ұнтақты алады. Біраз жылдар өткен соң перфтороктан қышқылының аммоний тұзы сияқты перфторланған беттік-белсенді затты қолдана отырып, эмульсиялық полимерлеу әдісі қолданысқа ене бастады.

Эмульсиялық полимерлеу әдісі ПТФЭ-ді алуға су дисперсиясын және пастадан экструзия әдісімен өндеуге жарамды жұқа дисперсті ұнтақтарды алады. Полимерлеудің температурасы мен қысымы 0-ден 100 °С-қа дейін және 0.7-ден 3.5 МПа-ға дейін.

Политетрафторэтиленді механикалық және трибологиялық қасиеттерін өзгерту үшін иондаушы сәулелерді қолданудың алғашқы әрекеттері ХХ ғасырдың 60 жылдарының өзінде жасалды [5]. Бастапқыда бұл әрекеттер тиімсіз болды, өйткені олар өте төмен дозаларда болды. Нәтижесінде ПТФЭ физикалық және механикалық қасиеттерінің нашарлауына әкелді. Сондықтан ПТФЭ сәулеленуге сезімталдығы жоғары полимерлердің бірі деп саналады [6]. Кейінгі зерттеулер сәулелендірудің бірқатар механикалық әсерлерді жақсартатынын көрсетті. Мысалы: тозуға төзімділік, ылғалдыққа төзімділік, жабысқақ беріктік, және т.б. радиацияға төзімділікке, өндеуге, өзгерту мүмкіндігіне оң әсер етті және алынған материалдың қасиеттерін бақылау мүмкіндігі пайда болды [7]. Абразивті тозуға төзімділіктің жоғарылауы қоршаған орта температурасында сәулеленген ПТФЭ байқалды [8]. Электрондық сәулемен сәулелендіру полимер нысанасының беткі қабаттарына металл атомдарының жақсы енуіне ықпал етеді. Және де электронды сәулелік өндеу ПТФЭ кристалдығын арттыратыны көрсетілді [10].

Алғашқы сәтсіздіктер себебі бөлме температурасында ПТФЭ-де басым болатын құбылыс оның сынуы болып табылатын негізгі полимер тізбегі, ал айқаспалы байланыс құбылысы тек ПТФЭ балқу температурасына жақын температурада жүретіні анықталған [8]. Политетрафторэтилен Хатиповтың [9] еңбегінде егжей-тегжейлі сипатталған. Хатиповтың ғылыми тобы сонымен қатар 350 кГр дейін дозамен сәулеленген ПТФЭ мен таза ПТФЭ-нің үйкелісін және абразивті қасиеттерін зерттеді. Температурада сәулеленген үлгілердің үйкеліс коэффициенті анықталды. Жоғары температура материалдың бастапқы күйіндегі мәніне жақын болды, бірақ оның тозуы үш-төрт рет төмендеді. Одан бөлек, үйкеліс процесінде ешқандай тозу өнімдері байқалған жоқ, бұл ПТФЭ-ді таза деп аталатын технологияларда қолдану үшін өте маңызды болуы мүмкін, мысалы, жартылай өткізгіштер өндірісі [9].

Қазіргі зерттеулер таза политетрафторэтиленді гамма сәулелерімен сәулелендіруге бағытталған. Осы түрдегі көздердің және жеткілікті энергиясы бар көздердің болуынан материалға электрондарды бірнеше сантиметр тереңдікте енуі азырақ кездеседі [8]. Осы зерттеулердің мақсаты графиттің ұлғаюының нәтижесін зерттеуге негізделген. Қысқаша мазмұны механикалық және 10 МэВ электрон сәулесінің энергиясы бар сәулеленумен модификацияланған ПТФЭ трибологиялық қасиеттерін жақсарту. Қоршаған орта температурасындағы полимер политетрафторэтиленді өзгертуге байланысты шығындарды азайту.

Политетрафторэтилен кристалдық фазаның балқу температурасынан (327 °С) жоғары температурада сәулеленуі полимердің бірегей модификациясына әкеледі, ол қазіргі кездегі ең жақсы бірнеше реттік қасиеттерге ие композициялармен салыстырғанда. Л. Я. Карпов атындағы физика-химиялық ғылыми-зерттеу институтында жүргізілген сынақ бойынша ПТФЭ түрлендірудің электронды

сәулелендіру әдісі бастапқы материалмен салыстырғанда жақсы материалды алуға мүмкіндік береді. Алынған көрсеткіштер:

- 104 есе жоғары дейінгі тозуға төзімділік;
- созылу кезінде 10 есе төмен сырғу;
- сығылу кезіндегі қайтымсыз деформация коэффициентімен 10 есеге дейін;
- 10 есе жоғары радиациялық төзімділік;
- бастапқы материал деңгейінде химиялық және биологиялық инерттілігімен, ыстыққа төзімділігімен, диэлектрлік, антифрикциялық және антиадгезиялық сипаттамаларымен;
- құрғақ үйкеліс коэффициенті 30 % - дан төмен.
- төмен температурадағы жұмыс қабілеттілігі (-80 °С дейін);
- химо-, термо-, трибо- және механикалық қасиеттері бойынша рекордтық көрсеткіштер [11].

#### Қорытынды

Полимерлерсіз машина жасау саласын елестету жаһандану заманында мүмкін емес. Осыған орай бірнеше түйіндеме бар

Біріншіден, модификациялаудың өзекті бағыты полимерді физика-механикалық қасиеттерін жақсартуды қамтамасыз ететін электронды сәулеленудің әсерін толық зерттеу керек.

Екіншіден, материалдарды сәулелендіру кезінде олардың ақаулы құрылымдары және соның салдарынан физика-химиялық қасиеттері өзгеретіні мәлім болды. Демек оны дамытуға себеп бар

Үшіншіден, ПТФЭ беткі қабаттарындағы құрылымдық өзгерістер туралы қолда бар деректерді талдау арқылы және бір мезгілде жүретін термодинамикалық диссипация процестеріндегі механикалық энергия кез келген түрдегі үйкеліс түйіндеріндегі қатты заттардың үйкелісі және тозуы, бұл процестердің механизмде шешуші болатындығын көрсетеді. Бұл процестер полимерлерінің тозу сипаты мен заңдылықтарын анықтайды. Сондай-ақ тозуға төзімділігін жайлы зерттеу жүргізуге болады.

#### ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Рогов, В. А., Соловьев, В. В., Копылов, В. В.** Новые материалы в машиностроении. – М. РУДН, 2008. – 324 с.

2 **Singh, S., Tyagi, M., Seshadri, G., Tyagi, A. K.** Varshney, L. Effect of gamma radiation on graphite–PTFE dry lubrication system. // Radiat. Phys. Chem. – 2017. – 141. – P. 213–219.

3 **Tanaka, K., Uchiyama, Y., Toyooka, S.** The mechanism of wear of polytetrafluoroethylene. // Wear. – 1973. – 23. – P. 153–172.

4 **Blanchet, T. A., Peng, Y. L., Nablo, S. V.** Tribology of selectively irradiated PTFE surfaces. // Tribol. Lett. – 1998. – 4. – P 87–94.

5 **Charlesby, A.** (Ed.) Atomic Radiation and Polymers. – Pergamon : Oxford, UK, 1960. – ISBN 9781483222790.



6 **Dole, M.** The Radiation Chemistry of Macromolecules // Academic Press : New York, NY, USA, 1972. – ISBN 9780323152839.

7 **Tabata, Y., Suzuki, H., Ikeda, S.** Radiation modification of PTFE and its application. // Radiat. Phys. Chem. – 2013. – 84. – P. 14–19.

8 **Tang, Z., Wang, M., Zhao, Y., Wu, G.** Radiation resistance evaluation of cross-linked polytetrafluoroethylene by the investigation of friction and wear behavior. // Radiat. Phys. Chem. – 2011. – 80. – P. 496–500.

9 **Хатинов С. А., Коиова Е. М., Артамонов Н. А.** Радиационно-модифицированный политетрафторэтилен: структура и свойства // Российский химический журнал. 2008. № 5.

10 **Васенина, И. В., Савкин, К. П., Лапут, О. А., Лыткина Д. Н., Ботвин, В. В., Медовник, А. В. Курзина, И. А.** Влияние ионно- и электронно-лучевой обработки на физико-химические свойства поверхности политетрафторэтилена // Технология поверхностей и покрытий. – том 334. – 2018. – Ст. 134–141. – ISSN 0257-8972,

11 <http://www.karpovipc.ru/index.php/2016-01-20-06-31-54/ftoroplast>

#### REFERENCES

1. **Rogov, V. A., Solov'ev, V. V., Kopylov, V. V.** Novye materialy v mashinostroenii. [New materials in mechanical engineering]. – Moscow : RUDN, 2008. – 324 p.

2. **Singh, S., Tyagi, M., Seshadri, G., Tyagi, A. K., Varshney, L.** Effect of gamma radiation on graphite. – PTFE dry lubrication system. // Radiat. Phys. Chem. – 2017. 141. – 213–219.

3 **Tanaka, K., Uchiyama, Y., Toyooka, S.** The mechanism of wear of polytetrafluoroethylene. // Wear. – 1973. – 23. – 153–172.

4 **Blanchet, T. A., Peng, Y. L., Nablo, S. V.** Tribology of selectively irradiated PTFE surfaces. // Tribol. Lett. – 1998. – 4. – 87–94.

5 **Charlesby, A.** (Ed.) Atomic Radiation and Polymers. – Pergamon : Oxford, UK, 1960. – ISBN 9781483222790.

6 **Dole, M.** The Radiation Chemistry of Macromolecules. – Academic Press: New York, NY, USA, 1972. – ISBN 9780323152839.

7 **Tabata, Y., Suzuki, H., Ikeda, S.** Radiation modification of PTFE and its application. // Radiat. Phys. Chem. 2013. – 84. – 14–19.

8 **Tang, Z., Wang, M., Zhao, Y., Wu, G.** Radiation resistance evaluation of cross-linked polytetrafluoroethylene by the investigation of friction and wear behavior. // Radiat. Phys. Chem. 2011. – 80. – 496–500.

9 **Hatipov, S. A., Koiova, E. M., Artamonov, N. A.** Radiacionno-modificirovannyj politetraftoretilyen : struktura i svojstva [Radiation-modified polytetrafluoroethylene: structure and properties] // Rossijskij himicheskij zhurnal. – 2008. – № 5.

10 **Vasenina, I. V., Savkin, K. P., Laput O. A., Lytkina D. N., Botvin V. V., Medovnik A. V., Kurzina I. A.** Vliyanie ionno- i elektronno-luchevoj obrabotki na fiziko-himicheskie svojstva poverhnosti politetraftoretilyena [The effect of ion and

electron beam treatment on the physicochemical properties of the polytetrafluoroethylene surface], Tekhnologiya poverhnostej i pokrytij. – Vol. 334. – 2018. – P. 134–141. – ISSN 0257-8972.

11 <http://www.karpovipc.ru/index.php/2016-01-20-06-31-54/ftoroplast> [electronic resource]

Материал поступил в редакцию 16.09.22.

**Е. Т. Абильмажинов<sup>1</sup>, \*К. Д. Орманбеков<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>Государственный университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан, г. Семей

#### МЕТОДЫ МОДИФИКАЦИИ ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭЛЕКТРОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛА

*В статье рассматривается о политетрафторэтилене, который в настоящее время считается оптимальным по трибологии среди полимеров, используемых в машиностроении. Показано значение ПТФЭ, применяемых в узлах машин. Описана характеристика политетрафторэтилена, относящаяся к его химической структуре. Есть несколько ответов на вопросы, касающиеся способов его получения.*

*Также проведена экспертиза обработки ионным, гамма, электронным излучением. Рассмотрены способы повышения износостойкости. Приведены примеры изменений объемных и поверхностных свойств полимера, связанных с модификацией. У каждого метода выявлена своя специфика, недостатки и преимущества. Имеются особенности трибологических и механических свойств упомянутого материала и сравнительный анализ влияния этих свойств на деформацию. Написано о возможности получения качественного материала по сравнению с исходным методом электронно-лучевого преобразования ПТФЭ. Политетрафторэтилен излучение кристаллической фазы при температуре выше температуры плавления говорит об уникальном изменении полимера. Есть также анализ первых неудач в изменении механических и трибологических свойств политетрафторэтилена, а также существующих в настоящее время исследований и результатов. Рассмотрены различия между свойствами чистого ПТФЭ и обработанного полимера. Оптимальный способ повышения качества материала с целью трения, обоснование выбора способа повышения производственных качеств политетрафторэтилена в соответствии с предъявляемыми требованиями.*

*Ключевые слова: политетрафторэтилен (ПТФЭ), электронно-лучевая обработка, механические свойства, трибология, деформация, износостойкость.*

**METHODS OF MODIFICATION OF POLYTETRAFLUOROETHYLENE  
AND THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF ELECTRONIC RADIATION  
TO INCREASE MATERIAL PROPERTIES**

*The article covers polytetrafluoroethylene, which is considered optimal according to the current tribology guidelines among polymers used in Mechanical Engineering. The importance of PTFE used in machine assemblies is shown. A description of the chemical structure of polytetrafluoroethylene is written. There are several answers to questions about the ways to get it.*

*An examination of ion, gamma, and electron beam treatment was also carried out. Ways to increase wear resistance are considered. Examples of changes in the volumetric and surface properties of the polymer associated with modification are given. The peculiarity, disadvantages and advantages of each method were identified. There are features of the tribological and mechanical properties of the said material and a comparative analysis of the effect of these properties on deformation. The electronic irradiation method of PTFE conversion is written about the possibility of obtaining a quality material in comparison with the source material. Polytetrafluoroethylene crystal phase radiation at temperatures above the melting point speaks of a unique change in the polymer. There is also an analysis of the first failures and current research and results to change the mechanical and tribological properties of polytetrafluoroethylene. The differences between the properties of pure PTFE and processed polymer were considered. There is a justification for choosing a method that increases the production quality of polytetrafluoroethylene in accordance with the requirements for the optimal way to improve the quality of materials for friction purposes.*

*Keywords: polytetrafluoroethylene (PTFE), electron beam treatment, mechanical properties, tribology, deformation, wear resistance.*

FTAMP 53.31.23

<https://doi.org/10.48081/IFYA1993>

**М. А. Джаксымбетова<sup>1</sup>, А. Т. Канаев<sup>2</sup>, К. Ж. Киргизбаева<sup>3</sup>,  
Д. Г. Каршалова<sup>4</sup>**

<sup>1,3,4</sup>Л. Н. Гумилева атындағы Еуразия ұлттық университеті,  
Қазақстан Республикасы, Нұр-Сұлтан қ.

<sup>2</sup>С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,  
Қазақстан Республикасы, Нұр-Сұлтан қ.

**СОРТТЫ ПРОКАТ ӨНДІРІСІ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ТАЛДАУ**

*Бұл мақалада сортты прокатты өндіру технологиясына талдау жасалды, ыстықтай илектелген және термоөткізілген болаттардың (35ГС, Ст5сп және Ст5пс) химиялық құрамы мен механикалық қасиеттері көрсетілді.*

*Сортты прокаттың ел экономикасының барлық салаларында сұранысқа ие болуын ескере отырып, оны өндіру кезінде кепілдендірілген сапа мен оның көрсеткіштерінің тұтынушылар қоятын талаптарға сәйкестігін сақтау қажет. Нарықтық экономика жағдайында өткізу нарықтарын жаулап алу және ұстап қалу және тұтынушылардың талаптарын қанағаттандыру туралы мәселе туындайды [1].*

*Прокат өнімдерінің ең танымал түрлеріне мыналар жатады: арматура, сым, шеңбер, шаршы, жолақ. Сортты прокаттың тағайындалуы және олардың әр түрінің қолданылу саласы неден жасалатыны сипатталды.*

*Деформациялық-термиялық беріктендірудің перспективалық бағыттары ашылды. Тұрақты төмен көміртекті болаттардың беріктік механикалық қасиеттері ыстықтай илектелген күйдегі легіріленген болаттардың беріктік сипаттамасынан жоғары екендігі атап өтілді. Осылайша, Ст5 төмен көміртекті болаттан жасалған сортты прокатты термиялық нығайту ыстықтай илектелген күйде 35ГС төмен қоспаланған болат маркаларының механикалық сипаттамаларының деңгейіне сәйкес келетін прокатты алуға мүмкіндік береді.*

*Термиялық беріктендіру нәтижесінде болаттың беріктігін арттыру металды үнемдеуге әкеліп соғады.*

*Кілтті сөздер: сортты прокат, ыстықтай илемделген күй, термоөткізілген күй, механикалық қасиеттері, төмен қоспаланған болат, көміртекті болат.*

**Кіріспе**

Сортты прокат өндіріс пен құрылыстың кең саласында сұранысқа ие материал болып табылады. Прокат әр түрлі конфигурациялы, қима пішінді және арналған металл бұйымдардан тұрады. Өндіріс материалы ретінде легирленген және көміртекті болаттардың әртүрлі сорттары қолданылады. Сортты металл прокаты металлургиялық зауыттардың арнайы өндірістік жабдықтарында дайындамаларды ыстық деформациялау арқылы жасалады. Сондай-ақ прокат түрлі түсті металдардан құю өндірісі тәсілімен де өндірілуі мүмкін.

**Материалдар мен әдістер**

Металл прокаты экономиканың барлық салаларында, меншіктің кез келген нысанындағы кәсіпорындарда және үй шаруашылықтарында қолданылады. Ол арнайы илемдеу орындарында, ыстық илемдеу әдісімен шығарылады. Прокаттау кезінде дайындамаларды қысқаннан кейін бетінің сапасы төмен дәл мөлшердегі өнімдер алынады.

Прокат бұйымдарының неғұрлым сұранысқа ие түрлеріне арматура, сым, шеңбер, шаршы, жолақ жатады (1-кесте):

Кесте 1 – Прокат бұйымдарының түрлері

Прокат бұйымдарының түрі	Прокат бейнесі
арматура	
сым	
шеңбер	

шаршы	
жолақ	

Арматура. Бұл ыстық илектеу әдісімен өндірілген металл шыбық және оны әртүрлі қаттылықтағы тот баспайтын немесе көміртекті болаттан жасауға болады. Арматура тегіс және арнайы ойықтары бар болып бөлінеді. Тегіс материал түрі көбінесе торлар, қоршаулар, платформалар сияқты металл конструкцияларын жасау үшін қолданылады, оларды әртүрлі жүйелер мен құрылымдардың тірек элементі ретінде қолдануға болады.

Бекіткіштері бар арматура әртүрлі мақсаттағы ғимараттар мен құрылыстарды салу кезінде бетон іргетастарды, қабырғаларды, едендер мен төбелерді нығайту үшін қолданылады. Сортты прокатта адгезияны арттыру үшін қажет арнайы ойықтар бар – цемент ерітінділері және бетонмен жақсы жабысу үшін қажет. Арматураны пайдаланбай бірде-бір ғимараттың құрылысы аяқталмайды. Арматура бетонның динамикалық және статикалық жүктемелерге төзімділігін едәуір арттырады, жарықтар мен жарықтардың пайда болуынан қорғайды, бетон құрылымының қызмет ету мерзімін ұзартады.

Сонымен қатар, арматура темірбетон бұйымдарын өндіруде арматуралық элемент ретінде қолданылады. Мұндай өнімдерге темірбетон плиталары, блоктар, сақиналар, жиектер және басқа да техникалық қажетті элементтер кіреді.

Арматура әр түрлі диаметрі қимасынан тұруы мүмкін, бұйымның зауыттан шыққан ұзындығы 11,75 м. және ыңғайлы болу үшін тасымалдау бойынша қажетті өлшемдерді кесу қоймада жүргізіледі.

Сым. Адам қызметінің әртүрлі бағыттарында сұранысқа ие. Металл сым түріндегі сортты прокат болаттан жасалған дайындамаларды ыстық тарту және илектеу арқылы алынады. Материал іргетастар мен бетон конструкцияларының арматуралық бөлімдерін қамтамасыз ету үшін кеңінен қолданылады, жабдық өнімдерін өндіруге жұмсалады, әр түрлі қаптамаларға байланыстырушы материал ретінде қолданылады, одан автомобиль шиналарына арналған сым жасалады.

Сортты прокаттың бұл түрі қоспаланған немесе мырышталған болаттан, сондай-ақ түсті металдар мен қорытпалардан жасалуы мүмкін. Сым қиманың әр түрлі түріне және диаметріне ие болуы мүмкін, қаттылық дәрежесінде әр түрлі

және қорғаныш мырышталған жабынға ие болуы мүмкін. Созба сым мен сым бұйымдарын жеткізу арнайы бухталарда жүргізіледі.

**Шеңбер және шаршы.** Шаршы және шеңбер түріндегі болат сортты проакт ыстық деформациялау жолымен өндірілген өнім болып табылады. Шаршы мен шеңбер әртүрлі диаметрлі және көлденең қимада болады және негізінен машина жасау, станок жасау, мұнай химиясы және өнеркәсіптік өндірістің басқа салаларында қолданылады. Прокаттың осы түрінен механикалық жүйелер, арнайы жабдықтар мен қондырғылар үшін әртүрлі бөліктер шығарылады. Өңдеу мамандандырылған жабдықта – токарлық және фрезерлік станоктар мен қондырғыларда жүзеге асырылады. Шаршы мен шеңбер кез-келген механикалық өндірісте сұранысқа ие материал болып табылады.

**Жолақ.** Ол қоршаулар, рельстер, торлар сияқты әртүрлі металл конструкцияларды өндіру үшін қолданылады. Одан штамптау әдісімен әр түрлі бөлшектерді жасауға болады. Жолақ қалыңдығы мен енінің әртүрлі параметрлеріне ие болуы мүмкін және ыстық және суық прокат әдісімен шығарылады. Болат жолақ көптеген құрылыс және өндіріс объектілері үшін таптырмайтын материал болып табылады.

**Нәтижелер және талқылау**

Металл прокатының өнімі сату нарығында пайда болмас бұрын, ол өнімді жылытуды, экспозицияны және салқындатуды қамтитын ұзақ технологиялық процестен өтеді. Дәл осындай процесс металды термиялық өңдеу деп аталады.

Термиялық өңдеудің болатқа әсер етудің екі нұсқасы болуы мүмкін, біріншісі – физикалық, механикалық және жылу металдарының қасиеттерін қалыптастыру, ал екіншісі – аралық нұсқа-материалды қысыммен, жіппен және т.б. өңдеу кезінде қасиеттерді қосымша жақсарту.

Термиялық өңдеудің негізгі факторлары – уақыт пен температура, белгілі бір температура деңгейінің әсер ету ұзақтығын реттей отырып, стандарттарға сәйкес болаттың кез-келген түрінің қасиеттерін өзгертеді. Материалдың қыздыру жылдамдығы мен салқындату жылдамдығы да маңызды.

Термиялық өңдеу операцияларының көп бөлігі қорытпаларда құрылымдық өзгерістер болатын сыни температурада жүзеге асырылады. Көптеген түрлендірулер оның толық аяқталуы үшін белгілі бір уақытты қажет етеді.

Термиялық өңдеу бірнеше кезеңнен тұрады:

- күйдіру;
- қалыпқа келтіру;
- сөндіру;
- еңбек.

Біріктірілген деформация-термиялық нығайту идеясы өзінің перспективалық бағыттарына ие. Термооткізілген прокаттың микроқұрылымы мен қасиеттерін зерттей отырып, кейбір жағдайларда өздігінен босатыла отырып, тоқтатылған қатайту режимдерінде қатаю кезінде қарапайым төмен көміртекті болаттардың беріктік механикалық қасиеттері ыстықтай илектелген күйдегі легирленген болаттардың беріктік сипаттамасынан жоғары екендігі байқалды. Сонымен,

Ст5 төмен көміртекті болаттан жасалған сұрыпты прокатты термиялық нығайту ыстықтай илектелген күйде 35ГС төмен қоспаланған болат маркаларының механикалық сипаттамаларының деңгейіне сәйкес келетін прокатты алуға мүмкіндік береді.

Ыстықтай илектелген төмен легирленген болат маркаларын беріктендірілген төмен көміртекті болаттармен, ал болаттың қымбат легирленген маркаларын беріктендірілген төмен легирленген болат маркаларымен ауыстырудың әдіснамалық негіздері ретінде арматуралық профильдердің кернеулі күйін және пайдалану жағдайларын талдаумен бірге тең беріктік принципі қабылданды. Төмен легирленген 35ГС болаттан жасалған арматуралық профильдерді деформациялық өңдеудің температуралық-уақыттық параметрлерін зерттеу оларды термиялық нығайту арқылы қарапайым төмен көміртекті Ст5 болаттарымен ауыстыру мүмкіндігін көрсетті.

35ГС маркалы болаттың және Ст5сп және Ст5пс маркаларының химиялық құрамын салыстыру 35ГС төмен қосындыланған болатта көміртегінің құрамы жақын болған кезде Ст5сп және Ст5пс болаттарына қарағанда марганецтің құрамы 0,25-0,35 %-ға, ал кремнийдің құрамы 0,50-0,65 % - ға жоғары екенін көрсетеді (2-кесте). Марганец пен кремний құрамының мұндай ұлғаюы 400–600 °С аралығында салқындатылған аустениттің тұрақтылығының жоғарылауына және нәтижесінде перлит компонентінің үлесінің ұлғаюына және ондағы легирленген элементтердің (марганец, кремний) еруіне байланысты ферриттің қатаюына әкеледі. Бұл осы болаттың беріктік қасиеттерінің орташа 100 МПа жоғарылауына, оның иілгіштігі мен дәнекерлеу қабілетінің аздап төмендеуіне әкеледі.

Технологиялық илемдеу ағынында аралас деформациялық-жылулық өңдеу технологиясы бойынша Ст5пс және Ст5сп маркалы көміртекті болат шыңдалған. Құрылымдық беріктікке зерттеулер химиялық құрамы мен механикалық қасиеттері 2 және 3 кестелерде келтірілген болаттар бойынша жүргізілді.

Кесте 2 – 35ГС, Ст5сп және Ст5пс зерттелген болат маркаларының химиялық құрамы

Болат маркасы	Күйі	C	Mn	Si	Cr	S	P
35ГС	Ыстықтай илемделген	0,31	1,12	0,86	0,19	0,034	0,023
Ст5сп	Термооткізілген	0,34	0,70	0,21	-	0,023	0,012
Ст5пс	Термооткізілген	0,35	0,77	0,12	-	0,036	0,014

Кесте 3 – зерттелген ыстықтай илектелген және термоөткізілген болаттардың механикалық қасиеттері

Болат маркасы	Күйі	σв, МПа	σт, МПа	δ5, %
35ГС	Ыстықтай илемделген	685	446	23,80
Ст5сп	Термоөткізілген	765	610	24,0
Ст5пс	Термоөткізілген	724	545	21,2

Алынған эксперименттік деректер төмен температуралар жағдайында жұмыс істейтін темір-бетон конструкцияларын дайындау үшін ыстықтай илектелген күйдегі 35 ГС болаттың орнына термоөткізілген күйдегі болаттарды қолдану олардың сенімділігін арттыратынын көрсетеді.

#### Қорытынды

Зерттелген сипаттамалары бойынша Ст5сп және Ст5пс маркалы термиялық шындалған қарапайым көміртекті болат 35ГС төмен легирленген ыстықтай илектелген болаттың ұқсас сипаттамаларынан кем түспейді, кейбір жағдайларда олардан асып түседі. Болат өндірісінде феррокорытпалар мен легирлеуші элементтерді тұтынудың стандартты нормаларына сәйкес төмен легирленген болаттың орнына арматура өндірісінде Ст5сп және Ст5пс төмен көміртекті болаттарын 35ГС қолдану болаттағы феррокорытпалардың шығынын азайтады, бұл қосымша экономикалық тиімділікті қамтамасыз етеді.

#### ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

- 1 **Муканов, Д.** Инновационное развитие металлургического комплекса Республики Казахстан [Текст] // Промышленность Казахстана. 2008. – № 1. – С. 28–29.
- 2 **Новицкий, Н. И., Олексюк, В. Н., Кривенков, А. В., Пуровская, Е. Э.** Управление качеством продукции : учебное пособие [Текст]. – М. : ООО «Новое знание», 2002. – 367 с.
- 3 **Бастрыкин, Д. В., Евсейчев, А. И., Нижегородов, Е. В., Румянцев, Е. К. и др.** Управление качеством на промышленном предприятии : монография [Текст]. – М. : «Изд-во Машиностроение-1», 2006. – 204 с.
- 4 **Дурнев, В. Д., Сапунов, С. В.** Управление качеством изделий методом термической обработки : учебное пособие [Текст] – СПб. : СПбГИЭУ, 2001. – 63 с.
- 5 **Канаев, А. Т.** Повышение качества сортового проката совмещенной деформационно-термической обработкой : учебник [Текст]. – Павлодар : Изд-во «Арман-ТВ», 2009. – 180 с.
- 6 **Джаксымбетова, М. А.** Методы контроля и повышения качества металлопродукции [Текст] // Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения : VII Международная научно-практическая конференция. Часть 1. 2019. – 293-299 с.
- 7 ГОСТ 34028-2016 Прокат арматурный для железобетонных конструкций [Текст]. – М. : Стандартинформ, 2016. – 46 с.

8 **Юрьев, А. Б.** Упрочнение строительной арматуры и прокатных валков: учебник [Текст]. – Новосибирск : Наука, 2006. – 227 с.

9 **Узлов, И. Г., Сидоренко, О. Г., Федорова, И. П., Сухой, А. П., Шеремет, В. А., Кекух, В. А., Лясков, В. Г., Мамаев, А. В.** Эффективность применения многосекционных установок термического упрочнения арматурного проката [Текст] // Металлургия и горнорудная промышленность. – 2011. – № 1. – с. 57–59.

10 **Узлов, И. Г., Раздобреев, В. Г., Федорова, И. П., Куцыгин, М. Д., Сокуренок, А. В., Шеремет, В. А., Кекух, А. В., Белый, Н. П., Мамаев, А. В.** Особенности формирования структуры и свойств сортового проката из малоуглеродистых и низколегированных сталей при низкотемпературных деформационно-термических обработках [Текст] // Металлургия и горнорудная промышленность. – 2004. – № 3. – с. 65-68.

11 **Шеремет, В. А., Кекух, А. В., Раздобреев, В. Г., Куваев, В. Н., Иванов, Д. А.** Влияние режимов термомеханической обработки на структуру, механические и служебные свойства термоупрочненной арматуры класса А 1000 [Текст] // Известия вузов. Черная металлургия. – 2010. – № 11. – с. 40–51.

#### REFERENCES

- 1 **Mukanov, D.** Innovatsionnoe razvitiye metallurgicheskogo kompleksa Respubliki Kazakhstan [Innovative development of the metallurgical complex of the Republic of Kazakhstan] [Text] // Industry of Kazakhstan. – 2008. – № 1. – P. 28–29.
- 2 **Novitskiy, N. I., Oleksuk, V. N., Krivenkov, A.V., Purovskaya, E. E.** Upravlenie kachestvom produktsii [Product quality management] [Text]. – Moscow : ООО «New knowledge», 2002. – 367 p.
- 3 **Bastrykin, D. V., Yevseichev, A. I., Nizhegorodov, Ye.V., Rumyantsev, Ye. K. i dr.** Upravlenie kachestvom na promyshlennom predpriyatii [Quality management in an industrial enterptise] [Text]. – Moscow : «Publishing house Engineering-1», 2006. – 204 p.
- 4 **Durnev, V. D., Sapunov, S. V.** Upravlenie kachestvom izdelii metodom termicheskoy obrabotki [Product quality management by heat treatment] [Text]. – SPb. : SPbGIEU, 2001. – 63 p.
- 5 **Kanayev, A. T.** Povushenie kachestva sortovogo prokata sovmeshennoy deformatsionno-termicheskoy obrabotkoy. [Improving the quality of long products by combined deformation and heat treatment] [Text]. – Pavlodar : Publishing house «Arman-TV», 2009. – 180 p.
- 6 **Dzhakymbetova, M. A.** Metody kontrolya I povusheniya kachestva metalloproduksii [Text] // Actual problems of transport and energy : ways of their innovative solution : VII International Scientific and Practical Conference. – Part 1. – 2019. – P. 293–299.

7 GOST 34028-2016 Prokat armaturnyi dlya zhelezobetonnykh konstruktсий. [Reinforcing bars for reinforced concrete structures]. – Moscow : Standartinform, 2016. – 46 p.

8 Yuriev, A. B. Uprochnenie stroitelnoi armatury I prokatnykh valkov [Hardening of building reinforcement and rolls] [Text]. – Novosibirsk : The science, 2006. – 227 p.

9 Uzlov, I. G., Sidorenko, O. G., Fedorova, I. P., Sukhoi, A. P., Sheremet, V. A., Kekukh, V. A., Lyasov, V. G., Mamayev, A. V. Effektivnost primeneniya mnogosektsionnykh ustanovok termicheskogo uprochneniya armaturnogo prokata [Efficiency of using multi-section plants for thermal hardening of reinforcing bars] [Text] // Metallurgy and mining. – 2011. – № 1. – P. 57–59.

10 Uzlov, I. G., Razdobreyev, V. G., Fedorova, I. P., Kutsygin, M. D., Sokurenko, A. V., Sheremet, V. A., Kekukh, A.V., Belyi, N. P., Mamayev, A. V. Osobennosti formirovaniya struktury I svoystv sortovogo prokata iz malouglerodistykh I nizkolegированныkh staley pri nizkotemperaturnykh deformatsionno-termicheskikh obrabotkakh [Features of the formation of the structure and properties of long products from low-carbon and low-alloy steels during low-temperature deformation-heat treatments] [Text] // Metallurgy and mining. – 2004. – № 3. – P. 65–68.

11 Sheremet, V. A., Kekukh, A.V., Razdobreyev, V. G., Kuvayev, V. N., Ivanov, D. A. Vliyanie rezhimov termomekhanicheskoy obrabotki na strukturu, mekhanicheskie I sluzhebnye svoystva termouprochnennoy armatury klassa A 1000 [Influence of thermomechanical processing modes on the structure, mechanical and service properties of heat-strengthened reinforcement class A 1000] [Text] // News of HEI. Ferrous metallurgy. 2010. – № 11. – P. 40–51.

Материал 16.09.22. баспаға түсті

**М. А. Джаксымбетова<sup>1</sup>, А. Т. Канаев<sup>2</sup>, К. Ж. Киргизбаева<sup>3</sup>,  
Д. Г. Каршалова<sup>4</sup>**

<sup>1,3,4</sup>Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева,  
Республика Казахстан, г. Нур-Султан

<sup>2</sup>Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина,  
Республика Казахстан, г. Нур-Султан

Материал поступил в редакцию 16.09.22.

## АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СОРТОВОГО ПРОКАТА

*В данной статье анализируется технология производства сортового проката, показан химический состав и механические свойства исследованных горячекатаных и термоупрочненных сталей (35GS, St5sp и St5ps). Учитывая спрос на сортовой прокат практически во всех отраслях экономики страны, при его производстве необходимо соблюдать гарантированное качество и соответствие его показателей требованиям потребителей. В рыночной экономике встает вопрос завоевания и удержания рынков сбыта и удовлетворения требований потребителей [1]. Показано, что к наиболее популярным видам проката относятся:*

*арматура, проволока, круг, квадрат, полоса. Описано назначение, из чего он изготовлен и область применения каждого вида сортового проката. Выявлены перспективные направления деформационно-термического упрочнения. Отмечено, что при закалке по режимам прерывистой закалки с последующим самозакалыванием прочностные механические свойства обычных низкоуглеродистых сталей оказываются выше прочностных характеристик легированных сталей в горячекатаном состоянии. Таким образом, термическое упрочнение сортового проката из низкоуглеродистых сталей Ст5 позволяет получать прокат, соответствующий уровню механических характеристик низколегированной стали марок 35ГС в горячекатаном состоянии. Повышение прочности стали в результате термического упрочнения приводит к экономии металла. Ключевые слова: сортовой прокат, горячекатаный прокат, термоупрочненный прокат, механические свойства, низколегированная сталь, углеродистая сталь*

**М. А. Dzaksymbetova<sup>1</sup>, A. T., Kanaev<sup>2</sup>, K. Zh. Kirgizbaeva<sup>3</sup>**

<sup>1,3,4</sup>L. N. Gumilyov Eurasian National University,  
Republic of Kazakhstan, Nur-sultan

<sup>2</sup>S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University,  
Republic of Kazakhstan, Nur-sultan

## ANALYSIS OF PRODUCTION TECHNOLOGY LONG PRODUCTS

*This article analyzes the technology for the production of long products, shows the chemical composition and mechanical properties of the investigated hot-rolled and heat-strengthened steels (35GS, St5sp and St5ps).*

*Taking into account the demand for long products in almost all sectors of the country's economy, it is necessary to observe guaranteed quality and compliance of its indicators with the requirements of consumers in its production. In a market economy, there is a question of conquering and retaining sales markets and meeting consumer requirements [1].*

*It is shown that the most popular types of rolled products include: reinforcement, wire, circle, square, strip. The purpose is described, from which it is made and the scope of each type of long products.*

*Promising directions of deformation-thermal hardening are revealed. It is noted that during hardening according to the modes of interrupted hardening with subsequent self-tempering, the strength mechanical properties of ordinary low-carbon steels turn out to be higher than the strength characteristics of alloyed steels in the hot-rolled state. Thus, thermal hardening of long products from low-carbon steels St5 makes it possible to obtain rolled products corresponding to the level of mechanical characteristics of low-alloy steel grades 35GS in the hot-rolled state.*

*Increasing the strength of steel as a result of thermal hardening leads to metal savings.*

*Keywords: long products, hot-rolled condition, heat-strengthened condition, mechanical properties, low-alloy steel, carbon steel.*

<https://doi.org/10.48081/HMWS9874>

\***А. М. Аубакиров<sup>1</sup>, А. Г. Калиакпаров<sup>2</sup>, Л. Б. Толымбекова<sup>3</sup>,  
Ю. Е. Капелюшин<sup>4</sup>, С. В. Ким<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар;

<sup>4</sup>Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск;

<sup>5</sup>Химико-металлургический институт имени Ж. Абишева

### **АНАЛИЗ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СПЕЦИАЛЬНЫХ ВИДОВ КОКСА**

*Поиск и исследование альтернативных восстановителей для производства ферросплавов является особенно актуальным в условиях внутреннего рынка Казахстана.*

*В данной статье представлены характеристики качества углей месторождения Жалын с целью возможности получения твердых восстановителей, используемых в производстве ферросплавов.*

*Приведенные сравнительные характеристики химического и технического состава рассматриваемых углей позволяют судить о возможности применения данного типа углей в качестве восстановителя: сведения о качестве угля по содержанию серы, фосфора, золы и некоторые физико-химические свойства указывают на соответствие к требованиям кокса.*

*Экспериментальным путем, в результате термической обработки до 1200 С° с выдержкой в 30 мин с последующим, естественным охлаждением, были получены твердые образцы из углей месторождения Жалын. Полученный технический и химический состав соответствуют предъявляемым требованиям к восстановителям: W – 1,88 %, A – 12,54 %; V – 3,8, содержание S и P равны соответственно – 0,58 и 0,23 %.*

*Ввиду постоянного поиска альтернативных видов восстановителей для производства ферросплавов и недостаточности изученности рассматриваемого типа углей проведение исследований в данном направлении является актуальным и перспективным в условиях внутреннего рынка Казахстана.*

*Ключевые слова: угли, восстановитель, спецкокс, кокс, производство ферросплавов, слабоспекающиеся угли, неспекающиеся угли, Жалын.*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Поиск и исследование альтернативных восстановителей для производства ферросплавов является особенно актуальным в условиях внутреннего рынка Казахстана. Как известно, на сегодняшний день в республике насчитываются большие запасы угля, составляющие порядка более 300 месторождений. Однако, исходя из общего количества, около 70 % геологических запасов приходится на долю балансовых, прогнозируемых и кондиционных, основная часть которых относятся к числу слабоспекающихся и неспекающихся [1,2].

Хотя данные виды углей по структурно-молекулярному образованию относятся к ранним стадиям углефикации, но уже имеют большой интерес среди отечественных и зарубежных ученых как сырье для производства специального вида кокса, использующийся для производства ферросплавов. К таким углям можно отнести месторождения: Шубарколь, Кара-Жыра, Борлы, Алаколь и др [1].

Исследование, разработка технологии и производство спецкокса является на сегодняшний день актуальным в рамках программы импортозамещения. Так, например, согласно данным сайта «erg.kz» строительство нового завода АО «Шубаколь көмір» входящий в группу EurasianResourcesGroup (ERG), планируется ввести в эксплуатацию в 2023 г., что позволяет решить острую проблему в покупке импортного дорогостоящего сырья [3]. Параллельно, также продолжают исследования и известны множество работ в области альтернативного способа производства восстановителей из отечественного сырья казахстанскими и зарубежными учеными [4–11].

### **Материалы и методы**

Для оценки качества и возможности дальнейшего исследования производства нового вида спецкокса из отечественного сырья был проведен анализ качества углей одного из месторождений Карагандинской области – Жалын.

Согласно общим справочным данным, данное месторождение расположено в 300 км от г. Караганды, площадь которого составляет 2 км<sup>2</sup>, добыча которого производится открытым способом. По насыщению углерода принимается Верхний угольный горизонт, разделенный на 7 пластов, характеристика которых приводятся в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика угольных пластов Верхнего угольного горизонта

Наим. свиты, горизонт а	Индекс пластов	Мощность пласта от - до , м		Коэффициент относительности	Степень выдержанности
		средняя	горная масса		
I <sub>1</sub> Верхний горизонт	B	10.88-33.69 20.9	10.0-33.69 20.9	100	относительно выдержанные
	B <sub>1</sub>	5.85-26.22 14.9	3.71-24.47 13.7	100	
	B <sub>1</sub> <sup>1</sup>	1.11-11.27 5.1	1.11-10.20 4.8	93	относительно выдержанные
	B <sub>1</sub> <sup>2</sup>	1.04-11.27 5.1	0.73-10.16 4.4	90	
	B <sub>2</sub>	3.85-19.97 9.6	3.57-18.6 8.8	100	невыдержанные
	B <sub>2</sub> <sup>1</sup>	1.00-13.62 4.9	0.93-12.65 4.3	72	невыдержанные
	B <sub>2</sub> <sup>2</sup>	1.04-2.72 1.66	1.04-2.04 1.44	55	невыдержанные

Породы вскрыши представлены четвертичными суглинками, песками глинистыми, песками с гравием, неогеновыми глинами, палеогеновыми глинистыми песками, нижнеюрскими алевролитами, аргиллитами, песчаниками и нижнедевонскими туфоалевролитами, туфоконгломератами, порфиритами, песчаниками и конгломератами.

Добываемые угли относятся к маркам Г, Д, и ДГ.

Согласно данным, полученным лабораториями ПГО «Центрказгеологии», в ВУХИНе, КНИУИ и лаборатории коксо-химпроизводства Карметкомбината был проведен анализ качества углей.

Угли имеют относительно низкую зольность: наиболее низкую зольность (порядка 9,5 %) имеют угли марки Г.

Ниже представлены данные по качеству угля.

Таблица 2 – Характеристика качества угля Жалын

Показатели	Ед.измер.	Общие значения	Предельные значения		
			Мака Г	Марка ДГ	Марка Д
Аналитическая влага – W <sup>a</sup>	%	2,05-5,6	3,55	3,94	3,00
Рабочая влага – W <sup>p</sup> : - при А = 37,4% - при А = 3,9 %	%	4,1 8,3	-	-	-
Выход летучих веществ (ГОСТ 6382-80)	%	44,6-50,8	44,6	-	50,8
Зольность	%	9,5			
Сера: - сера общая (S <sup>t</sup> <sup>d</sup> ) - сера сульфатная (S <sub>SO4</sub> <sup>d</sup> ) - сера сульфидная (S <sub>p</sub> <sup>d</sup> ) - сера органическая (S <sup>d</sup> )	%	1,46 < 0,1 0,36 1,10	0,77	0,78	от 0,53
Фосфор		0,067-0,124	от 0,067	0,085	0,124
Теплота сгорания Q (ГОСТ 147-74)	МДж/кг	30,35-31,96	от 30,35		до 31,96
Высшая теплота сгорания	МДж/кг	>24			

Содержание битумов (ГОСТ 10969-74) в углях Верхнего горизонта изменяется от 0,2 % до 0,9 % при среднем 0,4 %. Содержание гуминовых кислот (ГОСТ 9517-76) в углях изменяется от 0,5 % до 4,5 %. В зоне окисления углей содержание гуминовых кислот увеличивается до 21,1 – 99,5 %.

Угли марки Д являются труднообогащаемыми, марки Г – обладают средней обогатимостью, относятся к группе слабоспекаемых. При проведении полукоксования выход кокса составляет в среднем 85 %, выход смол – 12 %.

В целом, характеристики данного вида углей, в частности марки Г, показывают перспективные возможности использования его в качестве восстановителя, однако, практический опыт ученых Химико-металлургического института имени Ж. Абишева показывает отрицательные результаты использования Жалынского угля для производства спецкокса: при коксовании образуется большое количество сажи, забивающее систему газоотвода печи.

В условиях лаборатории кафедры «Металлургия» Торайгыров университета были проведены лабораторные испытания по возможности получения спецкокса из данного типа углей. Данные по анализу углей представлены в таблице 3 и 4.

Таблица 3 – Технический анализ образцов угля

W <sup>r</sup>	A <sup>d</sup>	V <sup>daf</sup>
3,92	7,24	41,77



Таблица 4 – Химический состав угля, %

Содержание, %								
C	SiO <sub>2</sub>	MnO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	S	P
51,90	44,28	1,90	21,08	17,87	4,30	3,24	0,44	0,26

Полученные угли (рисунок 1) фракцией 2–4 мм подвергались измельчению в планетарной мельнице до фракции 0–3мм.



Рисунок 1 – Образцы углей месторождения Жалын

Далее тигли, содержащие измельченный уголь направили в электрическую муфельную печь фирмы SNOL (рисунок 2), с заданной программой нагрева 1200 °С, скорость нагрева составляла 4 С°/мин ().



Рисунок 2 – Нагрев образцов до температуры 1200 °С

По достижению максимально-заданной температуры, программа задействовало «выдержку» в течение 30 минут. Образцы охлаждались в условиях комнатной температуры (рисунок 3).



Рисунок 3 – Полученные образцы

В таблице 5 и 6 приведены данные по техническому составу полученных образцов кокса и химическому составу.

Таблица 5 – Технический состав кокса, %

W	A	V
1,88	12,54	3,58

Таблица 6 – Химический состав кокса, %

Содержание, %							
C	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	S	P
82,74	35,90	17,10	32,17	4,30	2,43	0,58	0,23

### Результаты и обсуждения

Полученные образцы имеют небольшое озоление, а также наблюдаются «недоспекшие» частицы в верхней части кокса, которое в свою очередь, может быть связано с не герметичностью тигля.

Образцы имеют достаточную прочность.

#### Вывод

Результаты проведенных исследований характеристик качества углей Жалын позволяют судить о перспективности использования данного типа углей в качестве твердых восстановителей в производстве ферросплавов.

Первичные сведения о качестве угля по содержанию серы, фосфора и золы, а также некоторым физико-химическим свойствам указывают на приемлемое соответствие предъявляемым требованиям к восстановителям.

Ввиду постоянного поиска альтернативных видов восстановителей для производства ферросплавов и недостаточности изученности рассматриваемого типа углей проведение исследований в данном направлении является актуальным и перспективным.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Никитин, Г. М., Калиакпаров, А. Г.** Основы комплексного подхода при получении конкурентоспособной продукции для предприятий черной металлургии // Наука и техника Казахстана. – 2005. – № 3. – С. 85–89.

2 **Ким, В. А., Ульева, Г. А.** Сравнительная оценка структуры спеккоксов, используемых в электротермии // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. – 2012. – № 2 (38). – С. 20–23.

3 Новый завод мощностью 400 тысяч тонн спеккокса в год будет построен в Карагандинской области [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <https://www.erg.kz/ru/news/2245>. – 2021. – 1 с.

4 **Страхов, В. М., Калиакпаров, А. Г., Святков, Б. А.** Получение кокса из высокозольных углей Казахстана во вращающейся печи и возможность его использования в металлургии ферросплавов // Кокс и химия. – 2020. – № 10. – С. 20–28.

5 **Страхов, В. М., Едильбаев, Б. А., Едильбаев, А. И., Калиакпаров, А. Г.** Эффективные способы использования длиннопламенных углей и специальных коксов Казахстана в металлургии стали // Кокс и химия. – 2020. – № 11. – С. 12–23.

7 **Калиакпаров, А. Г.** Особенности способа термоокислительного коксования углей на аксуском заводе ферросплавов // Труды университета. – 2007. – № 2 (27). С. 47–49.

8 **Исагулов, А. З., Орлов, А. С., Ким, С. В., Мишо, Ж., Толымбеков, М. Ж.** Исследование физико-химических и технологических свойств высокозольного угля Борлинского месторождения // Труды университета. – 2018. – № 3 (72). – С. 55–58.

9 **Нурмуханбетов, Ж. У., Ким, В. А.** Углеродистые восстановители для выплавки ферросплавов: Аналитический обзор. – Караганды: ЦНТИ, 2005. – 38 с.

10 **Исагулов, А. З., Орлов, А. С., Ким, С. В., Мишо, Ж., Толымбеков, М. Ж.** Исследование физико-химических и технологических свойств

высокозольного угля Борлинского месторождения // Труды университета. – 2018. – № 3 (72). С. 55–58.

11 **Габдуллин, С. Т., Байсанов, С., Шабанов, Е. Ж., Толеукадыр, Р. Т., Муздыбаев, Д. Р.** Исследование металлургических свойств высокозольных углей для производства ферросплавов // Комплексное использование минерального сырья. – 2018. – № 4 (307). – С. 38–45.

12 **Кулинич, В. И., Жунусов, А. К., Толымбекова, Л. Б.** Анализ выплавки ферросиликохрома при применении различных количеств углеродистых восстановителей // Вестник КазНТУ. – № 2 (108). Алматы, 2015. – С. 414–419.

#### REFERENCES

1 **Nikitin, G. M., Kaliakparov, A. G.** Osnovy kompleksnogo podhoda pri poluchenii konkurentosposobnoj produkcii dlya predpriyatij chernoj metallurgii // Nauka i tekhnika Kazahstana. – 2005. – № 3. – P. 85–89.

2 **Kim, V. A., Ul'eva, G. A.** Sravnitel'naya ocenka struktury speckoksovs, ispol'zuemyh v elektrottermii // Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G. I. Nosova. – 2012. – № 2 (38). – P. 20–23.

3 Novyj zavod moshchnost'yu 400 tysyach tonn speckoksa v god budet postroen v Karagandinskoj oblasti [Electronic resource] – Access mode. – URL: <https://www.erg.kz/ru/news/2245>. – 2021. – 1c.

4 **Strahov V. M., Kaliakparov A. G., Svyatov B. A.** Poluchenie koksa iz vysokozol'nyh uglej kazahstana vo vrashchayushchejsya pechi i vozmozhnost' ego ispol'zovaniya v metallurgii ferrosplavov // Koks i himiya. – 2020. – № 10. – S. 20–28.

5 **Strahov, V. M., Edil'baev, B. A., Edil'baev, A. I., Kaliakparov, A. G.** Effektivnye sposoby ispol'zovaniya dlinnoplamennyh uglej i special'nyh koksovs kazahstana v metallurgii stali // Koks i himiya. – 2020. – № 11. – P. 12–23.

6 **Kaliakparov, A. G.** Osobennosti sposoba termookislitel'nogo koksovaniya uglej na aksuskom zavode ferrosplavov // Trudy universiteta. – 2007. – № 2 (27). P. 47–49.

7 **Isagulov, A. Z., Orlov, A. S., Kim, S. V., Misho, Zh., Tolymbekov, M. Zh.** Issledovanie fiziko-himicheskikh i tekhnologicheskikh svojstv vysokozol'nogo uglya Borlinskogo mestorozhdeniya // Trudy universiteta. – 2018. – № 3 (72). – P. 55–58.

8 **Nurmuhanbetov, Zh. U., Kim, V. A.** Ugl'erodistyе vosstanoviteli dlya vyplavki ferrosplavov : Analiticheskij obzor. – Karagandy : CNTI, 2005. – 38 p.

9 **Isagulov, A. Z., Orlov, A. S., Kim, S. V., Misho, Zh., Tolymbekov, M. Zh.** Issledovanie fiziko-himicheskikh i tekhnologicheskikh svojstv vysokozol'nogo uglya Borlinskogo mestorozhdeniya. – Trudy universiteta. – 2018. – № 3 (72). – P. 55–58.

10 **Gabdullin, S. T., Bajsanov, S., Shabanov, E. Zh., Toleukadyr, R. T., Muzdybaev, D. R.** Issledovanie metallurgicheskikh svojstv vysokozol'nyh uglej dlya proizvodstva ferrosplavov // Kompleksnoe ispol'zovanie mineral'nogo syr'ya. – 2018. – № 4 (307). – S. 38–45.

11 **Kulinich, V. I., Zhunusov, A. K., Tolymbekova, L. B.** Analiz vyplavki ferrosilikohroma pri primenenii razlichnyh kolichestv uglerodistykh vosstanovitelej // Vestnik KazNTU. –2015. – № 2 (108). Almaty. – P. 414–419.

Материал поступил в редакцию 16.09.22

\***А. М. Аубакиров<sup>1</sup>, А. Г. Калиакпаров<sup>2</sup>, Л. Б. Толымбекова<sup>3</sup>, Ю. Е. Капелюшин<sup>4</sup>, С. В. Ким<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.;

<sup>4</sup>Оңтүстік-Орал мемлекеттік университеті, Ресей федерациясы, Челябинск қ.;

<sup>5</sup>Ж. Әбішев атындағы химия-металлургиялық институты, Қазақстан Республикасы, Қарағанды қ.

Материал баспаға түсті 16.09.22.

### КОКСТЫҢ АРНАЙЫ ТҮРЛЕРІН ӨНДІРУГЕ АРНАЛҒАН ШИКІЗАТ БАЗАСЫНЫҢ САПАСЫН ТАЛДАУ ЖӘНЕ БАҒАЛАУ

*Ферроқорытпаларды өндіру үшін баламалы тотықсыздандырғыштарды іздеу және зерттеу әсіресе Қазақстанның ішкі нарығы жағдайында өзекті болып табылады.*

*Бұл мақалада ферроқорытпа өндірісінде пайдаланылатын қатты қалпына келтіргіштерді алу мүмкіндігі мақсатында Жалын кен орнындағы көмір сапасының сипаттамалары берілген.*

*Қарастырылып отырған көмірдің химиялық және техникалық құрамының жоғарыда келтірілген салыстырмалы сипаттамалары көмірдің осы түрін тотықсыздандырғыш ретінде қолдану мүмкіндігін бағалауға мүмкіндік береді: күкірт, фосфор, күл және кейбір физика-химиялық қасиеттері бойынша көмірдің сапасы туралы ақпарат Кокс талаптарына сәйкестігін көрсетеді.*

*Эксперименттік жолмен, 1200 °С дейін термиялық өңдеу нәтижесінде 30 минут ұсталып, кейіннен Табиғи салқындату арқылы Жалын кен орнының көмірінен қатты үлгілер алынды. Алынған техникалық және химиялық құрам қалпына келтіргіштерге қойылатын талаптарға сәйкес келеді: W – 1,88 %, A – 12,54 %; V – 3,8.S және P құрамы тиісінше – 0,58 және 0,23 % - га тең.*

*Ферроқорытпалар өндірісі үшін қалпына келтіргіштердің баламалы түрлерін тұрақты іздестіруге және көмірдің қаралып отырған түрін зерделеудің жеткіліксіздігіне байланысты осы бағытта зерттеулер жүргізу Қазақстанның ішкі нарығы жағдайында өзекті және перспективалы болып табылады.*

*Кілтті сөздер: көмір, тотықсыздандырғыш, арнайы Кокс, кокс, ферроқорытпа өндірісі, баяу пісірілетін көмір, піспейтін көмір, Жалын.*

\***А. М. Аубакиров<sup>1</sup>, А. Г. Калиакпаров<sup>2</sup>, Л. Б. Толымбекова<sup>3</sup>,  
Ю. Е. Капелюшин<sup>4</sup>, С. В. Ким<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar;

<sup>4</sup>South Ural State University, Russian Federation, Chelyabinsk;

<sup>5</sup>Zh. Abishev Chemical and Metallurgical Institute,

Republic of Kazakhstan, Karaganda

Material received on 16.09.22.

### ANALYSIS AND EVALUATION OF THE QUALITY OF THE RAW MATERIAL BASE FOR THE PRODUCTION OF SPECIAL TYPES OF COKE

*The search and research of alternative reducing agents for the production of ferroalloys is especially relevant in the conditions of the domestic market of Kazakhstan.*

*This article presents the characteristics of the quality of coal from the Zhalyn deposit in order to obtain solid reducing agents used in the production of ferroalloys.*

*The given comparative characteristics of the chemical and technical composition of the coals under consideration allow us to judge the possibility of using this type of coal as a reducing agent: information on the quality of coal in terms of sulfur, phosphorus, ash and some physico-chemical properties indicate compliance with the requirements of coke.*

*Experimentally, as a result of heat treatment up to 1200 °C with an exposure of 30 minutes followed by natural cooling, solid samples were obtained from the coals of the Zhalyn deposit. The resulting technical and chemical composition meet the requirements for reducing agents: W – 1.88 %, A – 12.54 %; V – 3.8, the content of S and P are equal to 0.58 and 0.23 %, respectively.*

*Due to the constant search for alternative types of reducing agents for the production of ferroalloys and the lack of knowledge of the type of coal under consideration, research in this direction is relevant and promising in the conditions of the domestic market of Kazakhstan.*

*Keywords: coals, reducing agent, special coke, coke, ferroalloy production, low-burning coals, non-baking coals, Zhalyn.*

\*Р. А. Бегалиев<sup>1</sup>, К. К. Шабенов<sup>2</sup><sup>1,2</sup>ПФ ТОО «KSP Steel», Республика Казахстан, г. Павлодар**УЛУЧШЕНИЕ МАКРОСТРУКТУРЫ СТАЛЬНЫХ ТРУБНЫХ НЕПРЕРЫВНОЛИТЫХ ЗАГОТОВОК**

*В работе исследованы процессы структурообразования литой стали микролегированной бором.*

*Для исследования в работе была выбрана сталь 28ХМР, которая в дальнейшем подвергается термической обработке. Для сравнительных плавок при проведении исследования использовали сталь 30ХМА, которая близка по химическому составу, что позволяло исключить при исследовании влияние таких химических элементов как углерод, хром и молибден на формирование литой структуры стали.*

*В работе использовали методы оценки макроструктуры заготовок по стандарту организации СТО – 007–2009 и оптико-эмиссионную спектрометрию по ГОСТ 18895.*

*Выплавка стали осуществлялась в дуговой печи (ДСП) емкостью 60 тонн одношлаковым процессом с доводкой стали на агрегате ковш-печь (АКП) и ковшевом вакууматоре (КВ).*

*Экспериментальным путем выявлено положительное влияние микролегирования стали бором на макроструктуру непрерывнолитой заготовки.*

*Установлено положительное влияние процесса микролегирования стали бором на такие показатели макроструктуры трубной непрерывнолитой заготовки, как центральная пористость и осевая химическая неоднородность (улучшение качества примерно в два раза), что может быть связано с образованием мелкодисперсных нитридов бора, являющихся центрами кристаллизации и приводящие к уменьшению зоны столбчатых кристаллов и размера зерна стали.*

*На втором этапе работы была получена математическая модель зависимости развития центральной пористости от технологических параметров разливки (скорость литья и температура жидкой стали).*

*Ключевые слова: сталь, непрерывнолитая заготовка, модификатор, бор, бесшовная труба.*

**Введение**

В Казахстане производство сортового проката представлено в ТОО «KSP Steel», ТОО «Кастинг», АО «АрселорМиттал Темиртау», ТОО «Актюбинский рельсобалочный завод», ТОО «ERG Service» (Ремонтно-механический металлопрокатный завод).

В практике современного металлургического производства одним из перспективных направлений повышения качества металлопроката, не требующих значительных сырьевых и энергетических затрат, является микролегирование сталей химически активными элементами, оказывающими эффективное влияние на формирование в сталях структурного состояния, улучшающего комплекс потребительских свойств. Основными микролегирующими элементами, которые нашли широкое применение, являются ниобий, ванадий, цирконий, титан [1–6].

Наряду с такими дорогостоящими и дефицитными элементами, как ниобий, ванадий, цирконий, титан и другие, в практике микролегирования стали широко применяют бор [7–10].

Влияние бора на качество конструкционной стали, главным образом, связывают с повышением прокаливаемости стали. По данным [8, 10] при содержании бора в количестве 10–3 ÷ 10–4 % вязкость низко- и среднелегированных сталей соответствует результату, который можно получить при легировании хромом, марганцем, молибденом или никелем, только в 100–300 раз превышающими добавки бора.

Кроме этого влияние бора в сталях может проявляться в следующем [7–10]:

- повышении пластичности стали;
- уменьшении отрицательного оstarивающего влияния свободного азота за счет связывания его в боронитридные и карбоборонитридные соединения, что увеличивает пластичность и деформируемость проката при холодном формоизменении;
- улучшении деформируемости неметаллических включений;
- нейтрализации негативного воздействия Cr, Ni, Cu на скорость распада аустенита при процессах патентирования;
- улучшении управляемости технологическим процессом термической обработки в потоке производства проката и формировании оптимальной структуры за счет увеличения прокаливаемости стали;
- измельчении столбчатых кристаллов в сечении непрерывнолитых заготовок, что обуславливает уменьшение осевой ликвации (особенно углерода для высокоуглеродистых сталей) и, соответственно, увеличении предельной деформируемости.

В настоящее время накоплен опыт производства сталей с микродобавками бора, содержащих углерод в пределах 0,05–0,70 %, которые используются для изготовления подката для высокопрочного крепежа, тонколистового проката для холодной штамповки, толстолистового проката для судостроения и ответственных стальных конструкций, других видов металлопроката [7, 9, 10].

Микролегирование жидкой стали бором может осуществляться различными способами [11]:

- с помощью рафинирующих шлакообразующих смесей, содержащих легкоплавкие соединения бора (бура, датолит, борная кислота, углекислот и др.), вводимых в изложницу до начала разливки. Интенсивное газовыделение при кристаллизации кипящей стали обеспечивает хорошее перемешивание жидких

металлической фазы и шлаковой смеси, что создает благоприятные кинетические условия для восстановления бора из содержащихся в шлаке окислов и перехода в жидкий металл;

– путем введения на ковше-печи при финишной доводке стали или в изложницу перед разливкой кускового ферробора марок ФБ-6, 10, 17, 20 с содержанием бора соответственно 6, 10, 17, 20 % (не менее, ГОСТ 14848) или специальных борсодержащих алюминотермических лигатур с алюминием, хромом, никелем фракции 10-50 мм в количествах, обеспечивающих требуемое (обычно 0,002–0,006 % по массе) содержание бора в стали;

– путем ввода борсодержащей порошковой проволоки в жидкую сталь на агрегате ковш–печь или установке доводки металла.

#### Материалы и методы

Для исследования процессов структурообразования литой стали микролегированной бором с целью улучшения свойств трубных марок стали, в работе была выбрана сталь 28ХМР, которая в дальнейшем подвергается термической обработке.

Для сравнительных плавов при проведении исследования использовали сталь 30ХМА, которая близка по химическому составу, что позволяет исключить при исследовании влияние таких химических элементов как углерод, хром и молибден на формирование литой структуры стали.

Химический состав стали 28ХМР и 30ХМА приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав стали, %

Марка стали	C	Si	Mn	P, не более	S, не более	Cr	Ni, не более	Cu, не более	Mo	B
28ХМР	0,26-0,30	0,20-0,25	0,30-0,50	0,020	0,005	0,90-1,10	0,10	0,15	0,50-0,80	0,002-0,005
30ХМА	0,26-0,33	0,17-0,37	0,40-0,70	0,025	0,025	0,80-1,10	0,30	0,30	0,50-0,80	-

Для микролегирования использовался ферробор (таблица 2).

Таблица 2 – Химический состав ферробора, %

Марка	B	Si	Al	C
FeB 12C	10-14	0,5-4,0	2,0	0,1
FeB 17C	14-19	0,5-4,0	2,0	0,1

В работе использовали следующие методы исследования:

– оценка макроструктуры заготовок по стандарту организации СТО - 007-2009, устанавливающему метод контроля макроструктуры непрерывнолитой заготовки из углеродистой, легированной и высоколегированной стали для производства сортового проката и труб;

– оптико – эмиссионная спектрометрия по ГОСТ 18895 на оптико-эмиссионном спектрометре ДФС-500.

Выплавка стали осуществлялась в дуговой печи (ДСП) емкостью 60 тонн одношлаковым процессом с доводкой стали на агрегате ковш–печь (АКП) и ковшевом вакууматоре (КВ). Дуговые печи были оснащены стенными газокислородными горелками, углеродными инжекторами, системой эксцентричного донного выпуска, системой подачи ферросплавов. Установка АКП была предназначена: для окончательной доводки стали по химическому составу и температуре; десульфурации стали; удаления неметаллических включений и модифицирования; согласования работы агрегатов при разливке стали сериями на машинах непрерывного литья заготовок (МНЛЗ). Ковшовый вакууматор использовался для удаления растворенных газов из стали и дальнейшего ввода проволоки с порошковыми наполнителями (C, FeTi, FeB, FeNb, SiCa и др.) при помощи трайбаппарата.

В качестве шихтовых материалов использовались:

– металлолом категории 1А, 2А, отходы передельных участков по ГОСТ 2787;

– для науглероживания – углеродсодержащий материал фракцией 0,5–2 мм, с содержанием углерода не менее 93 %;

– шлакообразующие материалы – известь свежесожженная с содержанием активных окисей CaO+MgO не менее 90 %, плавиковый шпат по ГОСТ 29220-91;

– раскислители, легирующие, модификаторы – ферросиликомарганец по ГОСТ 4756 (FeSiMn), ферросилиций по ГОСТ 1415 (FeSi – 65), силикокальций по ГОСТ 4762 (СК30), ферромарганец (FeMn – 80) по ГОСТ 4755, алюминий АВ – 87 ГОСТ 295, катанку алюминиевую ГОСТ 13843-78, ферробор марки FeB 12C и FeB 17C по ГОСТ 14848.

Для производства непрерывнолитых заготовок (НЛЗ) использовалась МНЛЗ радиального типа с радиусом изгибающего сектора 10000 мм. Диаметр отливаемых заготовок 210 до 300 мм. Длина заготовок от 5 до 12 метров. Непрерывная разливка осуществляется методом «плавка на плавку» закрытой струей, через погружные стаканы.

На каждой плавке отбирали поперечные темплеты НЛЗ для контроля макроструктуры.

#### Результаты и обсуждение

Химический состав стали приведен в таблице 3.

Таблица 3 – Полученный химический состав стали, %

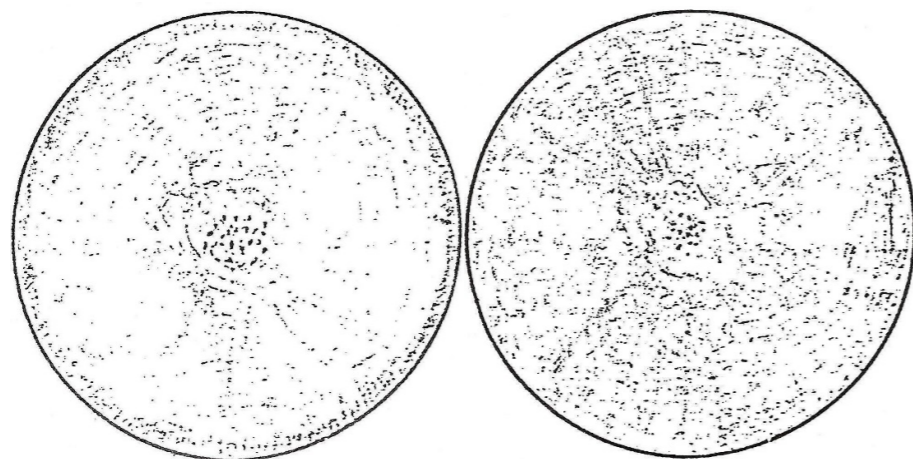
Марка стали	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Mo	B
28ХМР	0,27	0,24	0,41	0,008	0,004	0,93	0,10	0,15	0,78	0,005
30ХМА	0,30	0,26	0,58	0,008	0,006	0,94	0,12	0,18	0,76	-

Усвоение данного элемента на опытной плавке составило 80–85 %.

Результаты макроструктурного анализа показали положительное влияние микролегирования стали бором на макроструктуру непрерывнолитой заготовки (таблица 4, рисунок 1).

Таблица 4 – Средние значения макроструктуры непрерывнолитой заготовки, балл

Марка стали	Центральная пористость (ЦП)	Осевая химическая неоднородность (ОХН)	Ликвационные полосы и трещины (ЛПТ)	Краевые точечные загрязнения (КТЗ)
28ХМР	0	1	1	0
30ХМА	2	2,5	1	0



Исследование показало более сильное развитие центральной (осевой) пористости в НЛЗ из стали без добавок бора.

На следующем этапе работы для составления математической модели зависимости развития ЦП от технологических параметров разливки использовались производственные данные предприятия.

В общей сложности отобрано шесть поперечных темплетов НЛЗ диаметром 300 мм по два с каждого ручья в начале и конце разливки (данные экспериментальных исследований приведены в таблице 5).

Для обработки результатов моделирования использовали регрессионный анализ, который проводили в пакете прикладных программ Microsoft Office Excel.

Таблица 5 – Экспериментальные данные

Температура стали, °С	Скорость разливки, м/мин	Осевая химическая неоднородность, баллов
x1	x2	y
1538	0,40	1,00
1532	0,40	0,50
1538	0,43	1,50
1532	0,43	1,00
1538	0,45	1,50
1532	0,45	1,50

В результате обработки этих данных было получено уравнение регрессии в виде линейной зависимости типа

$$y = k_1x_1 + k_2x_2 + b$$

где  $b$  – свободный член уравнения;

$k_1$  и  $k_2$  – коэффициенты переменных  $x_1$  и  $x_2$ ;

$x_1$  и  $x_2$  – переменные уравнения.

Принимая температуру стали в промежуточном ковше МНЛЗ за  $x_1$  и скорость литья (для заготовок диаметром 300 мм) за  $x_2$  получили уравнение регрессии для определения балла макроструктуры заготовки из стали 28ХМР по осевой химической неоднородности (ОХН) от температуры стали в промежуточном ковше ( $t$ ) и скорости литья заготовки ( $v$ )

$$ОХН = 0,0556 \times t + 15,13 \times v - 90,57$$

Был определен коэффициент детерминации, который имеет значение  $R^2 = 0,8961$ , что показывает хорошую сходимость результатов.

Далее была проверена адекватность модели, рассчитан критерий Фишера и сверен с табличными данными. Расчетный критерий Фишера  $F_p = 0,907$ , что меньше  $F_{табл}$ .

Таким образом, можно сделать вывод об адекватности модели.

Из уравнения видно, что на величину балла макроструктуры по ОХН из проанализированных данных большее значение оказывает скорость литья, чем перепад температуры в течении всего периода разливки.

#### Выводы

1 Установлено положительное влияние процесса микролегирования стали бором на такие показатели макроструктуры трубной непрерывнолитой заготовки, как центральная пористость и осевая химическая неоднородность (улучшение качества примерно в два раза), что может быть связано с образованием мелкодисперсных нитридов бора, являющихся центрами кристаллизации и приводящие к уменьшению зоны столбчатых кристаллов и размера зерна стали.

2 Установлено, что микролегирование бором не вызывает ухудшения показателей макроструктуры непрерывнолитой заготовки по показателям ликвационных полос и трещин, а также по краевому точечному загрязнению.

3 Определен оптимальный момент присадки борсодержащих материалов, а именно, при снижении содержания активного кислорода и азота в металле до 2 и 80 ppm соответственно, что достигается вакуумированием стали и обеспечивает высокую степень усвоения бора в пределах 80–85%.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Сержанов, Р. И., Богомолов, А. В., Быков, П. О., Ыксан, Ж. М.** Повышение качества непрерывнолитых заготовок и термоупрочненного сортового проката / монография под общей редакцией Р. И. Сержанова. – Павлодар : Кереку, 2011. – 258 с.
- 2 **Данченко, В. Н.** Технология трубного производства. – М. – Интерметинжиниринг, 2002. – 640 с.
- 3 **Голубцов, В. А.** Теория и практика введения добавок в сталь вне печи. – Челябинск, 2006. – 423 с.
- 4 **Быков, П. О.** Совершенствование процессов выплавки стали и производства катанных помольных шаров в условиях электросталеплавильного производства Республики Казахстан : монография. – Павлодар : ПГУ имени С. Торайгырова, 2018. – 163 с.
- 5 **Быков, П. О., Езупенок, Д. С., Исакова, Д. Ж., Нурғалиева, Г. Б.** Повышение пластичности среднеуглеродистых марок стали при температурах прокатки. // Наука и техника Казахстана. – 2014. – №3–4. – С. 21 – 24.
- 6 **Bykov, P. O., Tussupbekova, M. Z., Absolyamova, D. R.** Research of the Process of Production of Steel Square Continuous Billets for Rolling Balls of Large Diameter // Defect and Diffusion Forum. – 2021. – 410DDF. – P. 330 – 335.
- 7 **Акбердин, А. А.** Опытнo-промышленные испытания технологии разливки стали с применением шлакообразующих смесей на ОАО «Испат-Кармет». – Избранные труды. – Караганда : ПК «Экожан», 2008. – 754 с.
- 8 **Лякишев, Н. П., Плинер, Ю. Л., Лаппо, С. И.** Борсодержащие стали и сплавы. – М. : Металлургия, 1986. – 192 с.
- 9 **Жучков, В. И., Акбердин, А. А., Леонтьев, Л. И., Ватолин, Н. А. Ким, А. С., Заякин, О. В.** Производство и использование новых борсодержащих ферросплавов в черной металлургии // Труды научно-технической конференции «Проблемы и перспективы развития металлургии и машиностроения с использованием завершенных фундаментальных исследований и НИОКР». – Екатеринбург : УрО РАН, 2011. – С. 198–201.
- 10 **Акбердин, А. А., Ким, А. С., Жучков, В. И., Заякин, О. В.** Новые технологии получения борсодержащих ферросплавов. – Материалы международной научно-практической конференции «Абишевские чтения – 2011. Гетерогенные процессы в обогащении и металлургии». – Караганда : Химико-металлургический институт им. Ж. Абишева, 2011. – С. 15–17.
- 11 **Дюдкин, Д. А., Кисиленко, В. В.** Производство стали. Т. 1. Процессы выплавки, внепечной обработки и непрерывной разливки. – М. : Теплотехник, 2008. – 528 с.

## REFERENCES

- 1 **Serzhanov, R. I., Bogomolov, A. V., Bykov, P. O., Yksan, Zh. M.** povyshenie kachestva nepreryvnolityh zagotovok I termouprochnenogo sortovogo prokata / monografia pod obcshey redakciey R. I. Serzhanova. – Pavlodar : Kereku, 2011. – 258 p.
- 2 **Danchenko, V. N.** Tehnologiya trubnogo proizvodstva. – Moscow : Internet Inzhiniring, 2002. – 640 p.
- 3 **Golubtcov, V. A.** Teoria I praktika vvedenia dobavok v stal vne pechi. – Chelyabinsk, 2006. – 423 p.
- 4 **Bykov, P. O.** Sovershenstvovanie procesov vyplavki stali i proizvodstva katannyh pomolnyh sharov v usloviyah elektrostaleplavilnogo proizvodstva Respubliki Kazakhstan : monografia. – Pavlodar : PGU imeni S. Toraighyrov, 2018. – 163 p.
- 5 **Bykov, P. O., Ezupyenok, D. S., Isakova, D. Zh., Nurgalieva, G. B.** Povyshenie plastichnosti sredneuglerodistykh marok stali pri temperaturah prokatki // Nauka I tehnika Kazahstana. – 2014. – № 3-4. – S. 21 – 24.
- 6 **Bykov, P. O., Tussupbekova, M. Z., Absolyamova, D. R.** Research of the Process of Production of Steel Square Continuous Billets for Rolling Balls of Large Diameter // Defect and Diffusion Forum. 2021. – 410DDF. – P. 330–335.
- 7 **Akberdin, A. A.** Opytno-promyshlennyye ispytania tehnologii razlivki stali s primeneniem shlakobrazuyuschih smesei na AO «Ispat-Karmet». – Izbrannyye trudy. – Karagandy : PK «Ecozhan», 2008. – 754 s.
- 8 **Lyakishev, N. P., Pliner, U. L., Lappo, S. I.** Borsoderzhaschie stali I splavy. – M. : Metallirgia, 1986. – 192 p.
- 9 **Zhuckov, V. I., Akberdin, A. A., Leontiev, L. I., Vatin, N. A., Kim, A. S., Zayakin, O. V.** Proizvodstvo I ispolzovanie novykh borsoderzhaschih ferrosplavov v chernoii metallurgii // Trudy nauchno-tehnicheskoy konferencii «Problemy I perspektivy razvitiya metallurgii i mashinostroeniya s ispolzovaniem zavershonnykh fundamentalnykh issledovaniy I NIOKR». – Ekaterinburg : UroRAN, 2011. – P. 198–201.
- 10 **Akberdin, A. A., Kim, A. S., Zhuchkov, V. I., Zaykin, O. V.** Novyye tehnologii polucheniya borsoderzhaschih ferrosplavov // Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoi konferencii «Abishevskie chteniya – 2011. Geterogennyye process v obogaschenii I metallurgii». – Karaganda : Himiko-metallurgicheskii institute im. Zh. Abisheva, 2011. – P. 15–17.
- 11 **Dyudkin, D. A., Kisilenko, V. V.** Proizvodstvo stali. T. 1. Procesy vyplavki, vnepechnoi obrabotki I nepreryvnoy razlivki. – Moscow : Teplotehnik, 2008. – 528 p.

Материал поступил в редакцию в 16.09.22.

\*P. A. Begaliev<sup>1</sup>, Shabenov K. K.<sup>2</sup><sup>1,2</sup>«KSP Steel» ЖШС, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

Материал баспаға түсті 16.09.22.

**ҮЗДІКСІЗ ҚҰЙЫЛҒАН БОЛАТ ҚҰБЫР ДАЙЫНДАМАЛАРЫНЫҢ  
МАКРОҚҰРЫЛЫМЫН ЖАҚСARTУ**

*Жұмыста құйма Болаттың микролегирленген бормен құрылыстық қалыптасу процесі зерттелген.*

*Зерттеу үшін жұмыста 28хмр Болат таңдалды, ол кейіннен термиялық өңдеуден өтеді. Салыстырмалы балқыту үшін зерттеу кезінде химиялық құрамы жағынан жақын 30ХМА болаты пайдаланылды, бұл зерттеу кезінде көміртегі, хром және молибден сияқты химиялық элементтердің Болаттың құйылған құрылымын қалыптастыруға әсерін болдырмауға мүмкіндік берді.*

*Жұмыста СТО – 007–2009 ұйымдастыру стандарты бойынша дайындамалардың макроқұрылымын және ГОСТ 18895 бойынша оптикалық – эмиссиялық спектрометрияны бағалау әдістері қолданылды.*

*Болатты балқыту сыйымдылығы 60 тонна догалы пеште (ДСП) бір шлақты процесспен, болатты шөміш-пеш агрегатында (АКП) және шөмішті вакууматорда (КВ) жетілдірумен жүзеге асырылды.*

*Эксперименттік жолмен үздіксіз құйылған дайындаманың макроқұрылымына бор болатының микролегациялануының оң әсері анықталды.*

*Бормен болатты микролегациялау процесінің орталық кеуектілік және осьтік химиялық гетерогенділік (сапаны шамамен екі есе жақсарту) сияқты үздіксіз құйылған құбырлы дайындаманың макроқұрылымының көрсеткіштеріне оң әсері анықталды, бұл кристалдану орталықтары болып табылатын бордың ұсақ дисперсті нитридтерінің пайда болуымен байланысты болуы мүмкін және бағаналы кристалдар аймағының және болат дәнінің мөлшерінің төмендеуіне әкеледі.*

*Жұмыстың екінші кезеңінде орталық кеуектіліктің дамуының құюдың технологиялық параметрлеріне тәуелділігінің математикалық моделі алынды (құю жылдамдығы және сұйық болаттың температурасы).*

*Кілтті сөздер: Болат, үздіксіз құйылған дайындама, модификатор, бор, жіксіз құбыр.*

\*R. A. Begaliev<sup>1</sup>, K. K. Shabenov<sup>2</sup>.<sup>1,2</sup>«KSP Steel» LLP, Republic of Kazakhstan, Pavlodar

Material received on 16.09.22

**IMPROVEMENT OF THE MACROSTRUCTURE  
OF STEEL PIPE CONTINUOUS CAST BLANKS**

*In this paper, the processes of structure formation of cast steel microalloyed with boron are studied.*

*For research in the work, steel 28XMP was chosen, which is subsequently subjected to heat treatment. For comparative melts in the study, steel 30XMA was used, which is similar in chemical composition, which made it possible to exclude the influence of such chemical elements as carbon, chromium and molybdenum on the formation of the cast steel structure in the study.*

*In the work, we used methods for evaluating the macrostructure of workpieces according to the organization standard STO-007-2009 and optical emission spectrometry according to GOST 18895.*

*Steel smelting was carried out in an arc furnace (EAF) with a capacity of 60 tons by a single-slag process with steel finishing on a ladle-furnace unit (LAF) and a ladle degasser (KV).*

*Experimentally revealed a positive effect of steel microalloying with boron on the macrostructure of a continuously cast billet.*

*A positive effect of the process of steel microalloying with boron on such indicators of the macrostructure of a continuously cast pipe billet as central porosity and axial chemical heterogeneity (improvement in quality by about two times) has been established, which may be associated with the formation of finely dispersed boron nitrides, which are crystallization centers and lead to a decrease in the zone of columnar crystals and grain size of steel.*

*At the second stage of the work, a mathematical model was obtained for the dependence of the development of central porosity on the technological parameters of casting (casting speed and liquid steel temperature).*

*Keywords: steel, continuously cast billet, modifier, boron, seamless pipe.*



<https://doi.org/10.48081/SEGB6223>

\***А. А. Каменев<sup>1</sup>, А. В. Богомолов<sup>2</sup>, Т. А. Рыспаев<sup>3</sup>,  
П. О. Быков<sup>4</sup>, М. М. Суюндиков<sup>5</sup>**

<sup>1,2,4,5</sup>Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.;

<sup>3</sup>Анхальт қолданбалы ғылымдар университеті, Германия

### **АНОДТАРДЫ БӨЛШЕКТЕУ КЕЗІНДЕГІ ШОЙЫН ҚҰЙМАСЫН ЖҮКТЕУДІ ИМИТАЦИЯЛЫҚ ҮЛГІЛЕУ**

Қазіргі уақытта «Қазақстан электролиз зауыты» АҚ анодомонтаж өндірісі цехы күйіктерді бөлшектегеннен кейін анодұстағыштардың болат ниппельдерінен шойынды толық емес алу мәселесіне тап болды.

Мақалада КОМПАС-3D үшін АРМ FEM бағдарламалық ортасында шойын құймасын жүктеуді имитациялық үлгілеу нәтижелері келтірілген. Шойын құймасы алюминий электролизерлері үшін анодтарды құрастыруда қолданылады. Жүргізілген зерттеулердің мақсаты анодтарды бөлшектеу процесінде шойын құймасының гидравликалық пресс арқылы алынған кезде кернеулі-деформацияланған күйін анықтау болды. Өндірістік деректерді ескере отырып, шойын құймасын бұзу (алып тастау) процесі кезіндегі жүктеуді имитациялық үлгілеу үшін екі 3D модель салынды: «саңылауы бар шойын құймасы» және «түбі құйылған шойын құймасы». Бұл іс жүзінде анод ұстағыштың емігі әрдайым тығыз орнатылмайтындығына және ниппель мен анодтың көмір блогы арасында қашықтық пайда болатындығына байланысты. Шын мәнінде, пресстің шойын құймасына қолданылатын күш құйманың диаметрі мен биіктігіне байланысты және 1 цилиндрге сәйкес күш 4000 кН жетуі мүмкін. Жүргізілген үлгілеу нәтижесінде саңылаусыз шойын құймасына гидравликалық пресстің пуансоны жасаған қысымы шойын құймасының бүкіл бетіне біркелкі бөлінетіні анықталды. Тиісінше, бұл жағдайда гидропресс қысымы анод ұстағыштың емігінен шойын құймасын толығымен бұзу және толығымен алып тастау үшін жеткіліксіз.

Кілтті сөздер: анодты монтаждау өндірісі, шойын, үлгілеу, механикалық қасиеттері, КОМПАС-3D.

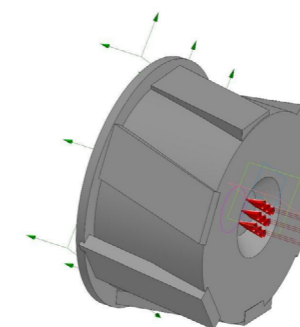
#### **Кіріспе**

Қазіргі уақытта «Қазақстан электролиз зауыты» АҚ анодомонтаж өндірісі цехы күйіктерді бөлшектегеннен кейін анодұстағыштардың болат ниппельдерінен шойынды толық емес алу мәселесіне тап болды. Анод ұстағыштар күйіктерді бөлшектегеннен кейін шойын құймасын алу станциясына түседі. Шойын пресс әрқашан шойынның құймасын ниппельден алып тастамайды. Кәсіпорын қызметкерлері шойынды алып тастап, ниппельді қолмен тазартуға мәжбүр.

Бұл мәселе шойын құймасын алып тастауды жақсарту үшін техникалық шешімдерді қажет етеді.

Шойынды алу бір немесе екі рет жүргізіледі [1]. Әрбір қабылдау кезінде қарнақ түсіріледі және қысқыш қалып арқылы тік күйінде еркін бекітіледі. Шойын бір уақытта екі ниппельден алынады. Егер анод ұстағышта 4 ниппель болса, келесі ниппельдер жұбы үшін барлық операциялар қайталанады. Ниппельдердегі шойын құймасы пневматикалық пуансон арқылы тірекке басылады және ұсақталады.

#### **Зерттеу әдістері мен материалдары**



Сурет 1 – Түбі құйылған шойын құймасының 3D үлгісі

Имитациялық үлгілеу КОМПАС-3D v20.0.0.12 үшін АРМ FEM бағдарламалық ортасында орындалды. КОМПАС-3D үшін АРМ FEM жүйесінің есептік өзегі Экологиялық, технологиялық және атомдық қадағалау жөніндегі Федералдық қызмет (Ростехнадзор), «ЯРБ НТЦ» ФБУ берген 18.04.2013 ж. № 330 аттестациялық паспорты бар «АРМ Structure3D ақырлы-элементтік бағдарламалық жүйесі» бағдарламалық құралы болып табылады.

1 кестеде үлгілеу сынағын жүргізу үшін шойынның бастапқы сипаттамалары көрсетілген [2–5].

Кесте 1 – Шойынның сипаттамалары

Қасиеті	Өлшем бірлігі	Мәні
Аққыштық шегі	Н/мм <sup>2</sup>	230
Серпімділік модулі қалыпты	Н/мм <sup>2</sup>	120000
Пуассон Коэффициенті		0.285
Тығыздығы	кг/мм <sup>3</sup>	0.000007
Сызықтық кеңеюдің температуралық коэффициенті	1/°C	0.000011
Жылу өткізгіштігі	Вт/(°C·мм)	0.000045
Сығылу кезіндегі беріктік шегі	Н/мм <sup>2</sup>	260
Беріктік шегі (уақытша кедергі)	Н/мм <sup>2</sup>	260

Созылу кезіндегі төзімділік шегі	H/мм <sup>2</sup>	140
Бұралу кезіндегі төзімділік шегі	H/мм <sup>2</sup>	120

Зерттеу аясында имитацияға арналған екі 3D модель салынды: «саңылауы бар шойын құймасы» және «түбі құйылған шойын құймасы». Гидравликалық пресс пуансонының шойын құймасына және анод ұстағыш ниппеліне тигізетін қысымы үлгінің әрқайсысына еліктелді.

Сынақ кезінде қолданылатын жүктеме мөлшері максималды 4000 кН. Күш шамасы 1 цилиндр негізінде таңдалды.

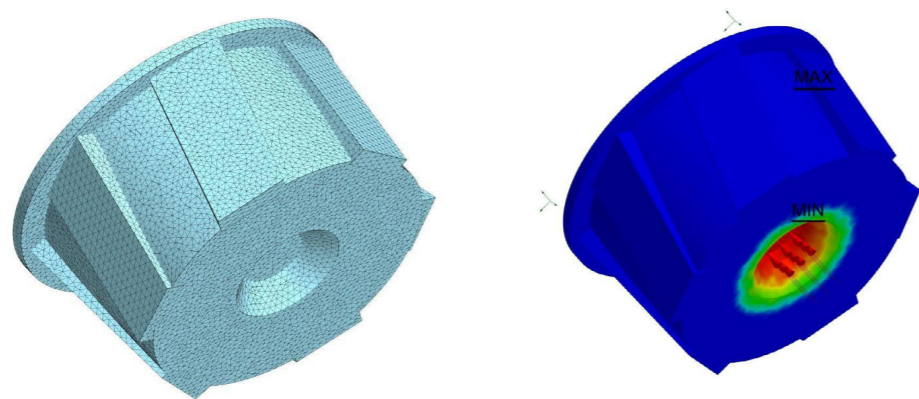
**Нәтижелер және оларды талқылау**

Осы зерттеу аясында соңғы элементтер әдісі бойынша шойын құймасының ниппельден алу кезіндегі әрекетін математикалық имитациялық үлгілеу орындалды [6–8]. Ақырлы-элемент торын бөлудің параметрлері мен нәтижелері 2 кестеде келтірілген.

Кесте 2 – Ақырлы-элемент торын бөлудің параметрлері мен нәтижелері

Атауы	Мәні
Элемент түрі	4-түйінді тетраэдрлер
Элемент жағының максималды ұзындығы (мм)	5
Бетіндегі максималды қоюлану коэффициенті	1.2
Көлемі бойынша ыдырау коэффициенті	1.5
Ақырлы элементтер саны	60206
Түйіндер саны	15577

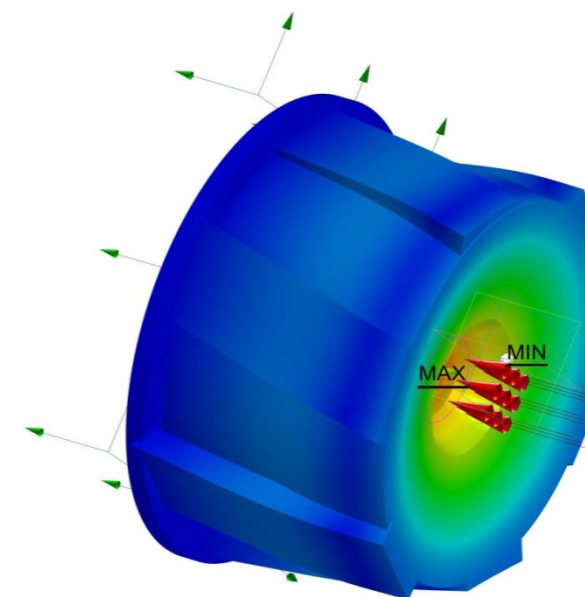
Есептік үлгі (2 сурет) көмір блогына анод ұстағышты орнату процесінде шойын құймасының нақты қалыптасу нұсқаларын ескереді. Үлгі көмір блогының шығыңқы жеріне толық жабыспаған жағдайда ұтас түбімен және саңылаумен жасалды.



Сурет 2 – Есептік үлгі және жүктеме аймағы

Көмір блогында бар шығыңқы есебінен шойын құймасында қажетті саңылауы болға кезде (мінсіз жағдайда), гидравликалық пресстің пуансоны шойын құймасынан ниппельді еркін, қосымша күш жұмсамай сығып шығарады.

Анод ұстағыштың әр ниппельдің ұзындығы әр түрлі болғандықтан, ниппель мен көмір блогының шығыңқы жері арасында қашықтық пайда болады. Осыған байланысты іс жүзінде саңылауы құйылған жағдайлары жиі кездеседі (3 сурет).



Сурет 3 – Саңылауы құйылған жағдайда шойын құймасы әрекетін имитациялық үлгілеу нәтижелері

Бұл жағдайда материалдағы рұқсат етілген кернеу деңгейі айтарлықтай артады. Имитациялық үлгілеу гидравликалық пресс соққысының қысымы шойын құймасының түбінің бүкіл бетіне біркелкі бөлінетінін көрсетеді. Материалдың қалыңдығының өсуі шойын құймасының бұзылуына жол бермейді. Нәтижесінде шойын құймасы алынып тасталмайды немесе анод ұстағыштың ниппелінен толығымен алынып тасталмайды.

**Қорытынды**

Жүргізілген имитациялық сынақтар кезінде шойын құймасының саңылауы құйылған кезінде гидравликалық пресс пуансоны көрсететін қысым шойын құймасының түбінің бүкіл бетіне біркелкі бөлінетіні анықталды. Осыған байланысты шойын құймасының түбіндегі пуансонның қысымы оны толығымен бұзу және ниппельден түсіру үшін жеткіліксіз.

Бұл мәселені шешу үшін көлденең бетке қатысты анод ұстағыштардың ниппельдерінің ұзындығын бақылау және бір траверстегі ниппельдердің биіктігінің айырмашылығына 5 мм-ден артық жол бермеу ұсынылады.

Анод ұясындағы шығыңқы жердің геометриялық өлшемдерін (биіктігі, диаметрі) өзгерту, шығыңқы жерлерін қосу ұсынылады. Бұл сыну күшін азайту

үшін жаңа қысым шоғырлану орталықтарын құруға ғана емес, сонымен қатар электр өткізгіштігін жақсартуға және электр шығынын азайтуға мүмкіндік береді.

Осыған байланысты, бұдан әрі жоғарыда көрсетілген ұсыныстарды ескере отырып, қосымша сынақтар жүргізу ұсынылады.

#### ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 Янко, Э. А. Аноды алюминиевых электролизеров / Э. А. Янко. – М. : Руды и металлы, 2001. – 672 с.

2 Шерман, А. Д. Чугун: Справ, изд. / Под ред. А. Д. Шермана и А. А. Жукова. – М. : Metallurgiya, 1991. – 576 с.

3 Баландин, Г. Ф., Канунников, Н. К. Структурная номограмма чугуна // Литейное производство. – 1978. – № 8. – С. 6–7.

4 Гиршович, Н. Г. Кристаллизация и свойства чугуна в отливках. – М. : Л. Машиностроение, 1966. – 564 с.

5 Гиршович, Н. Г. Справочник по чугунному литью / Под ред. Н. Г. Гиршовича. 3-е изд. JL: Машиностроение, 1978. – 758 с.

6 Jeddi, E., Marceu, D., Kiss, L. I., St-Georges, Lyne, Laroche, D., Hacini, L. Thermo-electromechanical investigation of voltage drop in anode assembly using finite element method // Blucher Mechanical Engineering Proceedings. – 2014. – № 1.

7 Fortin, H., Kande, N., Fafard, M. FEM analysis of voltage drop in the anode connector induced by steel stub diameter reduction // Finite Elements in Analysis and Design. – 2012. – № 52. – P. 71–82.

8 Richard, D., Goulet, P., Trempe, O., Dupuis, M., Fafard, M. Challenges in stub hole optimization of cast iron rodded anodes // The Minerals, Metal & Material Society. – 2009.

9 Мирпочаев, Х. А., Азизов, Б. С., Муродиён, А. Ш. Усовершенствование конструкции анодных токоподводов – смонтированных обожженных анодов электролизера для производства алюминия // Доклады академии наук республики Таджикистан. – 2008. – № 10. – С. 765–769.

10 Патент RU 2187573 Способ замены анодов в алюминиевом электролизере – опубл.: 20.08.2002.

#### REFERENCES

1 Yanko, E. A. Anody alyuminiyevykh elektrolizerov / E. A. Yanko. – Moscow : Rudy i metally, 2001. – 672 p.

2 Sherman, A. D. CHugun: Sprav, izd. / Pod red. A. D. Shermanna i A. A. Zhukova. Moscow : Metallurgiya, 1991. – 576 p.

3 Balandin, G. F., Kanunnikov, N. K. Strukturnaya nomogramma chuguna // Litejnoe proizvodstvo. – 1978. – № 8. – S. 6–7.

4 Girshovich, N. G. Kristallizaciya i svojstva chuguna v otlivkah. Moscow : L. Mashinostroenie, 1966. – 564 p.

5 Girshovich, N. G. Spravochnik po chugunному lit'yu / Pod red. N. G. Girshovicha. 3-e izd. – JL : Mashinostroenie, 1978. – 758 p.

6 Jeddi, E., Marceu, D., Kiss, L. I., St-Georges, Lyne, Laroche, D., Hacini, L. Thermo-electromechanical investigation of voltage drop in anode assembly using finite element method // Blucher Mechanical Engineering Proceedings. – 2014. – № 1.

7 Fortin, H., Kande, N., Fafard, M. FEM analysis of voltage drop in the anode connector induced by steel stub diameter reduction // Finite Elements in Analysis and Design. – 2012. – № 52. – p. 71–82.

8 Richard, D., Goulet, P., Trempe, O., Dupuis, M., Fafard, M. Challenges in stub hole optimization of cast iron rodded anodes // The Minerals, Metal & Material Society. – 2009.

9 Mirpochayev, H. A., Azizov, B. S., Murodiyev, A. Sh. Usovershenstvovanie konstrukcii anodnykh tokopodvodov – smontirovannykh obozhzhennykh anodov elektrolizera dlya proizvodstva alyuminiya // Doklady akademii nauk respublikii Tadjhikistan. – 2008. – № 10. P. 765–769.

10 Patent RU 2187573 Sposob zameny anodov v alyuminiyevom elektrolizere – opubl.: 20.08.2002.

Материал баспаға түсті 16.09.22.

\*А. А. Каменов<sup>1</sup>, А. В. Богомолов<sup>2</sup>, Т. А. Рыспаев<sup>3</sup>, П. О. Быков<sup>4</sup>, М. М. Суюндиқов<sup>5</sup>

<sup>1,2,4,5</sup>Торайғыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар;

<sup>3</sup>Университет прикладных наук Анхальта, Германия;

Материал поступил в редакцию 16.09.22.

#### ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАГРУЖЕНИЯ ЧУГУННОЙ ЗАЛИВКИ В ПРОЦЕССЕ ДЕМОНТАЖА АНОДОВ

*В настоящее время цех анодомонтажного производства АО «Казахстанский электролизный завод» столкнулся с проблемой неполного извлечения чугуна из стальных ниппелей анодоносителей после демонтажа ожогов.*

*В статье приведены результаты имитационного моделирования нагружения чугунной заливки в программной среде АРМ FEM для КОМПАС-3D. Чугунная заливка применяется при монтаже анодов для электролизеров алюминиевого производства. Целью проведенных исследований было определение напряженно-деформированного состояния чугунной заливки в момент ее снятия гидравлическим прессом в процессе демонтажа анодов. С учетом производственных данных для имитации нагрузки оказываемой в процессе разрушения (снятия) чугунной заливки были построены две 3D*

модели: “чугунная заливка с отверстием” и “чугунная заливка с залитым дном”. Это связано с тем, что на практике ниппель анододержателя не всегда устанавливается плотно и образуется зазор между ниппелем и угольным блоком анода. Фактически усилие, которое нужно приложить к прессу, зависит от диаметра и высоты заливки и из расчета на 1 цилиндр может достигать 4000 кН. В результате проведенного моделирования выявлено, что при чугунной заливке без отверстия давление, которое оказывается пуансоном гидравлического пресса распределяется равномерно по всей поверхности чугунной заливки. Соответственно, давления гидропресса в этом случае недостаточно для гарантированного разрушения и полного снятия чугунной заливки с ниппеля анододержателя.

Ключевые слова: анодомонтажное производство, чугун, моделирование, механические свойства, КОМПАС-3D.

\***A. Kamenov<sup>1</sup>, A. Bogomolov<sup>2</sup>, T. Ryspaev<sup>3</sup>, P. Bykov<sup>4</sup>, M. Suyundikov<sup>5</sup>**

<sup>1,2,4,5</sup>Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar

<sup>3</sup>Anhalt University of Applied Sciences, Germany.

Material received on 16.09.22.

#### **SIMULATION MODELING OF LOADING OF CAST IRON CASTING IN THE PROCESS OF DISMANTLING ANODES**

Currently, the anodomontage production workshop of JSC "Kazakhstan electrolysis plant" is faced with the problem of incomplete removal of cast iron from steel nipples of anodosters after dismantling burns.

The article presents the results of simulation modeling of the loading of cast iron casting in the APM FEM software environment for COMPASS-3D. Cast-iron casting is used in the installation of anodes for electrolyzers of aluminum production. The purpose of the research was to determine the stress-strain state of the cast iron casting at the time of its removal by a hydraulic press during the dismantling of the anodes. Taking into account the production data, two 3D models were built to simulate the load exerted during the destruction (removal) of the cast-iron casting: “cast-iron casting with a hole” and “cast-iron casting with a filled bottom”. This is because in practice, the anode holder nipple is not always installed tightly and a gap is formed between the nipple and the carbon block of the anode. The force that needs to be applied to the press depends on the diameter and height of the filling and, based on 1 cylinder, can reach 4000 kN. As a result of the simulation, it was revealed that with cast-iron casting without a hole, the pressure exerted by the punch of the hydraulic press is distributed evenly over the entire surface of the cast-iron casting. Accordingly, the pressure of the hydraulic press, in this case, is not enough to guarantee the destruction and complete removal of the cast-iron filling from the nipple of the anode holder.

Keywords: anode production, cast iron, modeling, mechanical properties, COMPASS-3D.

SRSTI 53.37.91

<https://doi.org/10.48081/DLCT7165>

**N. V. Oleinikova**

Siberian Federal University, Russian Federation, Krasnoyarsk

#### **STATUS AND PROSPECTS OF METALLURGICAL PROCESSING OF ELECTRONIC WASTE IN KAZAKHSTAN**

This article provides an overview of the current state of the problem of processing electronic waste in order to extract metals and other valuable components. Electronic waste is a source of potential danger to the environment, but at the same time a valuable raw material containing non-ferrous and ferrous metals. The content of some non-ferrous metals in electronic waste may exceed their content in mineral raw materials by several times. So, the content of printed circuit boards (PCBs) can reach up to 30 % of the weight of printed circuit boards, and tin up to 2–4 %. In addition, a ton of used smartphones can contain up to 30 grams of gold. It is also known that during the processing of secondary raw materials, the costs of obtaining metals are many times lower compared to the processing of mineral raw materials. Despite this, worldwide the percentage of recycling of electronic waste does not exceed 10 %. This fact requires a revision of traditional a PCBs to the processing of electronic waste and the formation of new, less costly and more environmentally friendly methods based on a review and analysis of existing a PCBs. To this end, the article considers examples of modern methods tested in laboratory conditions and already existing commercial technological solutions in the field of processing. Based on the review of world experience, conclusions were drawn about the current state of the world and the prospects for recycling electronic waste in Kazakhstan.

Keywords: electronic waste, recycling, hydrometallurgy, pyrometallurgy, gold.

#### **Introduction**

The continuously growing consumption of electronic household a PCBs and gadgets until 2020 has led to an increase in the generation of electronic waste at the global level. Thus, studies conducted in 2017 assumed an annual growth rate of electronic waste generation of 3–4 % [1]. However, by 2019, the estimated growth in the generation of electronic waste has increased to 5–6 % [2]. In total, by the end of 2019, about 53.6 million tons of e-waste had been generated. The distribution of electronic waste by type in 2019 is shown in Figure 1. The COVID-19 pandemic has slightly reduced the pace of production of electronic equipment. However, such segments of the market as the production and sale of smartphones were practically not affected by the crisis. In 2016, the production of smartphones amounted to 3.7 million units. In 2021 – 6.26 million units. In 2022, the projected number of smartphone production is 6.56 million units, and by 2027, 7.69 million units.

The composition of electronic waste includes various materials: non-ferrous and ferrous metals, and non-metals. Many of the materials are toxic. Therefore, of particular

concern is the fact that worldwide, only 10 % of the waste generated is recycled [2]. Most of the waste that ends up in landfills harms the environment. As a result, a significant amount of metals falls out of circulation, creating economic risks associated with a shortage of materials necessary for the production of electronics.

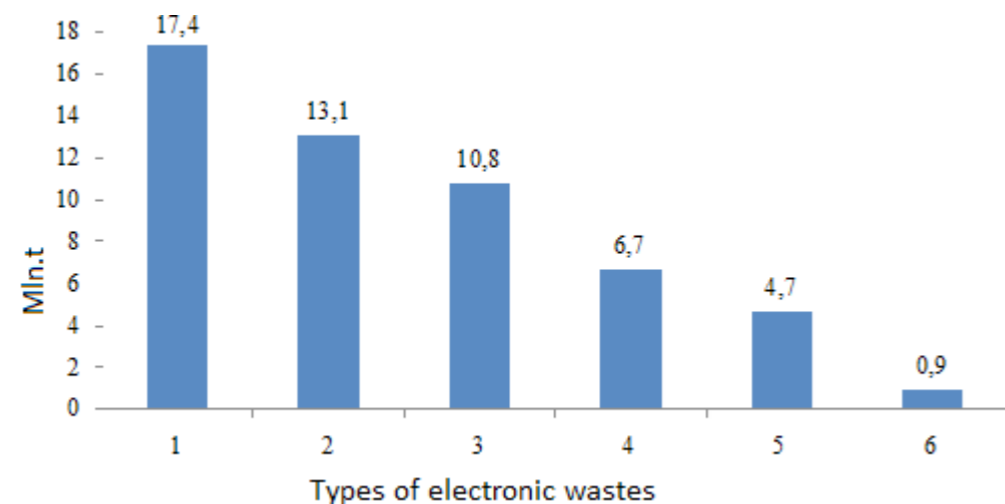


Figure 1 – Distribution of electronic waste by type

1 – small equipment, 2 – large equipment, 3 – heat exchangers, 4 – screens and monitors, 5 – IT equipment, 6 – lamps [2]

**Research methodology and methods**

The low percentage of electronic waste recycling is associated with the difficulty of separating closely integrated materials and the impossibility of a PCBs traditional recycling schemes to them [3]. The amount of electronic scrap generated in Kazakhstan reaches 136 thousand tons per year. And only a small part of this amount is recycled. So in 2018, only 4561 tons were processed [4]. Of particular value for recycling are electronic waste, represented by electronic gadgets, computer and other IT equipment containing a large amount of noble and precious metals. Precious metals are used in the manufacture of contacts, and parts of electronic components of gadgets and computers. So, one ton of printed circuit boards of used smartphones can contain up to 350 g of gold [5]. In addition, 30 % percent of the weight of printed circuit boards is co PCBs. The average composition of PCBs of computer equipment and gadgets is presented in Table 1 [6].

Table 1 – Average concentration of metals in PCB (wt.%)

Cu	Fe	Al	Sn	Ni	Zn	Pb	Ag
31,2	2,4	4,12	2,1	0,2	2,3	0,73	0,01

It should be noted that electronic waste exceeds mineral raw materials in terms of the content of valuable elements. This circumstance makes the recycling of electronic waste attractive from an economic point of view. Below are examples of modern methods tested in laboratory conditions and already existing commercial technological solutions in the field of processing. An analysis of the a PCBs technological solutions in this area will allow us to identify the best methods from the point of view of environmental friendliness and economics.

**Results and discussion**

A typical processing scheme for a computer system unit is shown in Figure 2, where at the first stage the case is separated from the printed circuit board, and then the electronic components are separated from the printed circuit board. The same recycling principle a PCBs to smartphones. The case, as a rule, contains ferrous metals and plastic. For the processing of printed circuit boards after their pre-treatment, pyro and hydrometallurgical methods are used.

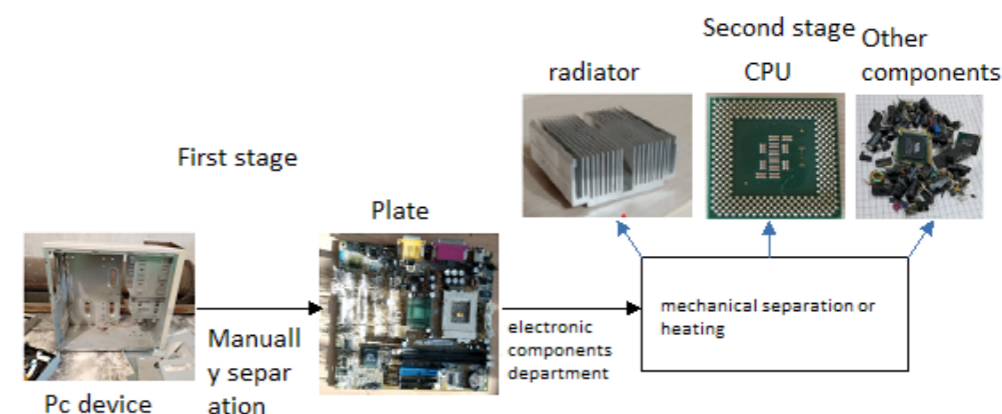


Figure 2 – Scheme of processing computer system blocks

Today, pyrometallurgy has evolved into a simple, promising and efficient e-waste recycling method, mainly used to extract non-ferrous metals such as co PCBs and precious metals [7]. Despite its widespread use, pyrometallurgical methods have a number of disadvantages. Disadvantages include an inability to recover iron, aluminium, organics and glass components, high energy consumption, release of toxic by-products such as dioxins and halogen compounds, and its primary use for processing only high quality printed circuit boards containing high concentrations of gold. The essence of recycling lies in the melting of the crushed mass of printed circuit boards. The resulting material is drained in the form of a cone to separate the heaviest metals. Modern commercial technologies offered on the free market by some companies are based on this principle. A typical processing scheme is shown in Figure 3.

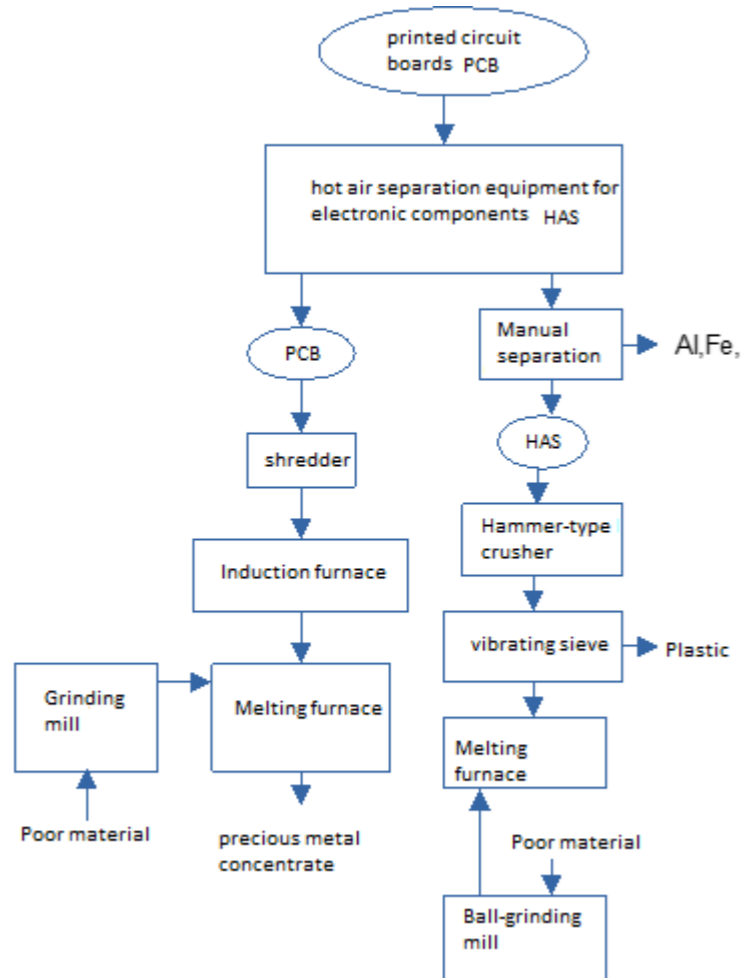


Figure 3 – A typical scheme for the processing of electronic equipment, offered on the market [8]

In a number of works, alternative pyrometallurgical methods of processing have been considered. The authors carried out high-temperature processing of printed circuit boards at a temperature of 900 °C to obtain metal microparticles [9]. The release characteristics of gold and silver were studied by heat treatment of incinerated waste PCB in a chlorine gas flow at a temperature of 1000 °C [10].

Hydrometallurgical methods involve the use of various acids to bring valuable components into solution. Printed circuit boards are usually shredded to a size of  $\leq 0.1\text{mm}$ . Various acids are used as reagents. The extracted metals from the solution are precipitated by cementation, electrolysis, and other methods. Comparison and characteristics of some hydrometallurgical methods are shown in Table 2.

Table 2 – Main characteristics of hydrometallurgical methods for processing PCB

	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]
Pre-treatment	No	No	No	No	$\text{C}_4\text{H}_9\text{NO}$ ; T/Zh=3/10; 50 °C; 16 h
Reagents	HCl, 2 mol/l	HCl, 2 mol/l	25 % $\text{HNO}_3$ ; 75 % HCl	$\text{H}_2\text{SO}_4$ , $\text{CuSO}_4$ 1 mol/l	$\text{HNO}_3$
T/Zh;h, °C	10/1; 4; 75	10/1; 4; 75	20/1; 6; 80	10/1; 3; 65	35/1; 3; 60
Mixing speed.	500	500	550	500	Ultrasound
Precipitation	Cementation	Cementation	Electrolysis 1.5 A; 1 hour	$\text{H}_2\text{O}_2$	NaOH additive for Cu precipitation, filter for traPCBing Sn and Pb
Regeneration reagents	No	No	No	Yes	No

Hydrometallurgical methods compare favorably with pyrometallurgical methods by lower energy costs. The main problem of hydrometallurgical methods is the lack of reagent regeneration. Therefore, the question of storage and disposal of toxic waste solutions will arise. Against this background, the method using  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{CuSO}_4$  as reagents looks the most promising, since it includes the regeneration of the reagent.

**Conclusions**

Thus, based on the foregoing, we can conclude that the optimal scheme for processing electronic waste should include, at the first stage, physical methods for separating black. Non-ferrous metals and non-metals. Ferrous metals are recycled using traditional methods. Recycling of the non-metal part should include separation of plastic, glass and other items for separate recycling. The extraction of non-ferrous and precious metals must be carried out by hydrometallurgical methods with the indispensable regeneration of reagents. This will eliminate the problem of storage and disposal of toxic waste solutions. A promising waste recycling scheme is shown in Figure 4.

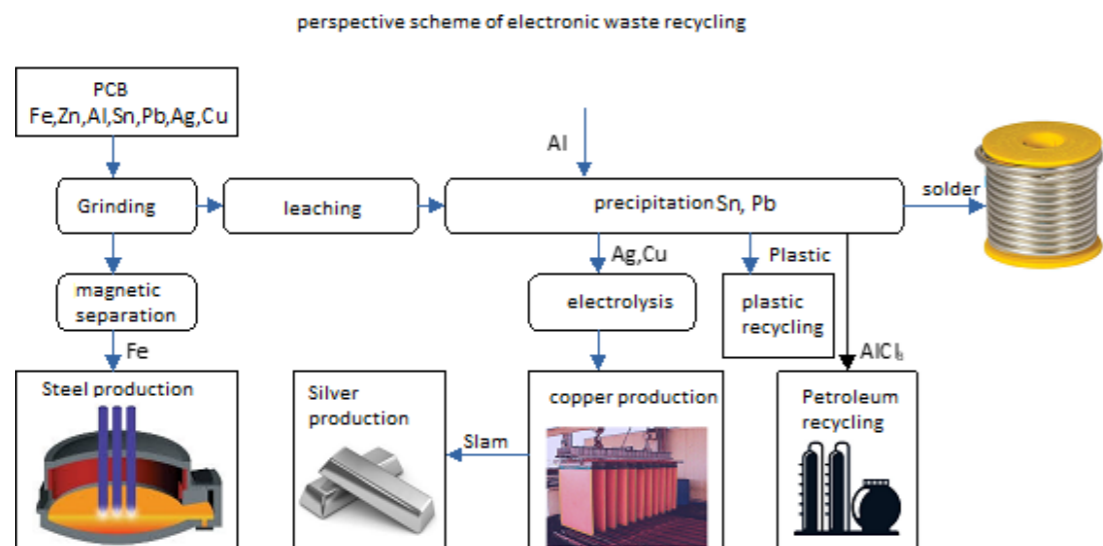


Figure 4 – Perspective processing scheme-waste

## REFERENCES

- 1 Balde, C. P., Forti, V., Gray, V., Kuehr, R., Stegmann, P. 2017. The Global E-waste Monitor 2017: Quantities, Flows, and Resources. United Nations University, International Telecommunication Union, and International Solid Waste Association, Bonn, Geneva, and Vienna, p. 116.
- 2 Forti, V., Balde, C.P., Kuehr, R., Bel, G. 2020. The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, Flows and the Circular Economy Potential. United Nations University, United Nations Institute for Training and Research – co-hosted SCYCLE Programme, International Telecommunication Union, and International Solid Waste Association Bonn, Geneva and Rotterdam, p. 120.
- 3 Ahirwar, R., & Tripathi, A. K. (2021). E-waste management: A review of recycling process, environmental and occupational health hazards, and potential solutions. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 15, 100409.
- 4 Extended Producer Responsibility in Kazakhstan Green Action Task Force Review and recommendations [electronic resource] <https://www.oecd.org/environment>.
- 5 Hsu, E., Barmak, K., West, A., Park, A. H. A. Advancements in the Treatment and Processing of Electronic Waste with Sustainability: A Review of Metal Extraction and Recovery Technologies. *Green Chemistry*. – 2019. 21. – 919–936. – doi: 10.1039/C8GC03688H.
- 6 Sapinov, R. V., Sadenova, M. A., Kulenova, N. A., Oleinikova, N. V. Improving Hydrometallurgical Methods for Processing Tin containing Electronic Waste // *Chemical engineering transactions*. – 2020. – Vol. 81. – P. 1021–1026.
- 7 Ghimire, H., Ariya, P. A. E-Wastes: Bridging the Knowledge Gaps in Global Production Budgets, Composition, Recycling and Sustainability Implications. // *Sustain. Chem.* –2020. – P. 1. – 154–182

- 8 NETMUS, 2021. Equipment, catalog. <https://netmus.ru/katalog-tipovyh-resheniy>
- 9 Shokri, A., Pahlevani, F., Levick, K., Cole, I., Sahajwalla, V. Synthesis of coPCBer-tin nanoparticles from old computer printed circuit boards. // *Journal of Cleaner Production*. – 2017. – 142. – 2586–2592.
- 10 Sakusabe, K., Kato, T., Okawa, H., Sugawara, K. Recovery of Gold and Silver from an Incinerated Spent Printed Circuit Board Using Chlorination. *Journal of Chemical Engineering of Japan*. 2018. – 51. – 704–710.
- 11 Moosakazemi, F., Ghassa S., Mohammadi, M. R. T. Environmentally friendly hydrometallurgical recovery of tin and lead from waste printed circuit boards : Thermodynamic and kinetics studies. // *Journal of Cleaner Production*. – 2019. 228. – 185–196.
- 12 Moosakazemi, F., Ghassa, S., Soltani, F., Tavakoli Mohammadi, M. R. Regeneration of Sn-Pb solder from waste printed circuit boards : A hydrometallurgical aPCBroach to treating waste with waste // *Journal of Hazardous Materials* . – 2020. – 385. – 121589.
- 13 Silva, M. S. B., Melo, R. A. C., Lopes-Moriyama, A. L., Souza, C. P. Electrochemical extraction of tin and coPCBer from acid leach ate of printed circuit boards using coPCBer electrodes. *Journal of Environmental Management*. – 2019. – 246. – 410–417.
- 14 Guo, X., Qin, H., Tian, Q., Li, D. Recovery of metals from waste printed circuit boards by selective leaching combined with cyclone electrowinning process. *Journal of Hazardous Materials*. – 384. – 2020.
- 15 Tatarants, M., Yousef, S., Skapas, M., Juskenas, R., Makarevicius, V., Lukošiušė, S. I., Denafas, G. Industrial technology for mass production of SnO<sub>2</sub> nanoparticles and PbO<sub>2</sub> microcube/microcross structures from electronic waste. // *Journal of Cleaner Production*. – 2018. 203. P. 498–510.

Material received on 16.09.22.

\*Н. В. Олейникова

Сібір федералды университеті, Ресей Федерациясы, Красноярск қ.  
Материал баспаға түсті 16.09.22.

## ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНДАҒЫ ЭЛЕКТРОНДЫҚ ҚАЛДЫҚТАРДЫ ҚАЙТА ӨНДЕУ ЖАҒДАЙЫ ЖӘНЕ БОЛАШАҒЫ

*Бұл мақалада металдар мен басқа да құнды компоненттерді алу үшін электронды қалдықтарды өңдеу мәселесінің ағымдағы жай-күйіне шолу жасалады. Электрондық қалдықтар әлеуетті экологиялық қауіптің көзі болып табылады, бірақ сонымен бірге құрамында түсті және қара металдар бар бағалы шикізат. Электрондық қалдықтардағы кейбір түсті металдардың мөлшері олардың минералдық шикізаттағы мөлшерінен бірнеше есе жоғары болуы мүмкін. Сонымен, баспа платаларының (PP) мазмұны баспа платаларының салмағы бойынша 30 % дейін, ал қалайы 2–4 % дейін жетуі*

мүмкін. Сонымен қатар, бір тонна пайдаланылған смартфонның құрамында 30 грамға дейін алтын болуы мүмкін. Сондай-ақ, қайталама шикізатты өңдеу кезінде металдарды алуға кететін шығындар минералды шикізатты өңдеуге қарағанда бірнеше есе төмен болатыны белгілі. Осыған қарамастан, дүние жүзінде электронды қалдықтарды қайта өңдеу пайызы 10 %-дан аспайды. Бұл факт электронды қалдықтарды өңдеудің дәстүрлі әдістерін қайта қарауды және қолданыстағы әдістерді қарастыру мен талдау негізінде жаңа, аз шығынды және экологиялық таза әдістерді қалыптастыруды талап етеді. Осы мақсатта мақалада зертханалық жағдайларда сыналған заманауи әдістердің мысалдары және өңдеу саласындағы бұрыннан бар коммерциялық технологиялық шешімдер қарастырылады. Әлемдік тәжірибені шолу негізінде әлемнің қазіргі жағдайы және Қазақстандағы электронды қалдықтарды кәдеге жарату перспективалары туралы қорытындылар жасалды.

*Кілтті сөздер:* электронды қалдықтар, қайта өңдеу, гидрометаллургия, пирометаллургия, алтын.

**\*Н. В. Олейникова**

Сибирский федеральный университет,  
Российская Федерация, г. Красноярск  
Материал поступил в редакцию 16.09.22.

### СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПЕРЕРАБОТКИ ЭЛЕКТРОННЫХ ОТХОДОВ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

В данной статье представлен обзор современного состояния проблемы переработки электронных отходов с целью извлечения металлов и других ценных компонентов. Электронные отходы представляют собой источник потенциальной опасности для окружающей среды, но в то же время ценное сырье, содержащее цветные и черные металлы. Содержание некоторых цветных металлов в электронных отходах может в несколько раз превышать их содержание в минеральном сырье. Так, содержание печатных плат (ПП) может достигать до 30 % от массы печатных плат, а олова до 2–4 %. Кроме того, тонна бывших в употреблении смартфонов может содержать до 30 граммов золота. Известно также, что при переработке вторичного сырья затраты на получение металлов во много раз ниже по сравнению с переработкой минерального сырья. Несмотря на это, во всем мире процент утилизации электронных отходов не превышает 10 %. Этот факт требует пересмотра традиционных ПХД в сторону переработки электронных отходов и формирования новых, менее затратных и более экологически чистых методов на основе обзора и анализа существующих ПХД. С этой целью в статье рассмотрены примеры современных методов, апробированных в лабораторных условиях, и уже существующие коммерческие технологические решения в области переработки. На основе обзора мирового опыта сделаны выводы о современном состоянии мира и перспективах утилизации электронных отходов в Казахстане.

*Ключевые слова:* электронные отходы, рециклинг, гидрометаллургия, пирометаллургия, золото.

### СТРОИТЕЛЬСТВО

МРНТИ 67.15.49

<https://doi.org/10.48081/PBMW7010>

**\*К. Т. Саканов<sup>1</sup>, С. Н. Маханов<sup>2</sup>, М. Қ. Бекшек<sup>3</sup>, Д. М. Еркен<sup>4</sup>**  
<sup>1,2,3,4</sup>Торайгыров университет, Республики Казахстан, г. Павлодар

### ВЛИЯНИЕ ЧАСТИЦ РЕЗИНОВОЙ КРОШКИ В СОСТАВЕ БЕТОННОЙ СМЕСИ НА ДОРОЖНЫЙ ШУМ

В данной статье рассматриваются вопросы использования старых покрышек легковых, грузовых автомобилей и строительной техники при строительстве автомобильных дорог. Продуктами утилизации являются резиновые крошки. Утилизацией старых шин с целью применения в виде модифицированной резиновой крошки (МРК) в составе асфальтабетона. Сделан анализ решения данного вопроса в других странах, в частности в штатах США, России и состояние данного вопроса в Казахстане. Приведена технология получения асфальтовых смесей с МРК.

Применение модифицированной резиновой крошки в составе асфальтабетона повышает эластичность покрытия, улучшает сцепления, снижает шум от движения автомобильного транспорта, за счет звукопоглощающей способности материала покрытия.

Например: транспортный шум является серьезной проблемой для проживающих вблизи автомобильных дорог людей, особенно в густонаселенных городских условиях. Применения асфальтабетона с модифицированной резиновой крошкой в определенной мере снижает проблему с шумом. Приведем анализ выполненных за рубежом исследований покрытия с МРК.

Так, результаты исследования показали, что эффект резиновой крошкой, как энергопоглощающего материала, незначителен. Однако присутствие частиц резиновой крошки повлияло на объемные свойства смеси, что, в свою очередь, повлияло на звукопоглощение. Результаты также показали, что звукопоглощение коррелирует с толщиной дорожного покрытия. Толщина дорожного покрытия по-разному влияет на звукопоглощение для пористых и плотных смесей, и оптимальная толщина обеспечивает максимальное звукопоглощение для данного типа смеси.

*Ключевые слова:* звук автомобиля, модифицированная резиновая крошка, плотность смеси, пористость смеси, звукоизоляция, паропроницаемость, окружающая среда.

### Введение

Транспортный шум является серьезным препятствием для качества жизни населения, проживающих вблизи автомагистралей. За последние годы во многих странах было принято много законов, регулирующих уровни звука, которым подвергаются жители. Среди многих подходов, принятых для решения этой



проблемы, асфальт, модифицированный резиновой крошкой (МРК), является актуальным предложением в качестве меры по снижению шума от дорожного движения. Использование асфальта, модифицированного резиновой крошкой, для снижения дорожного шума на тротуарах до настоящего времени еще мало исследована и подробно не оценивалось. В данной статье рассматриваются исследования изучению влияния частиц резиновой крошки на шумопоглощающую способность асфальтового покрытия.

#### Материалы и методы

В работе были приготовлены и оценены как плотные, так и пористые образцы, уплотненные вращательным движением. Для оценки влияния резиновой крошки были исследованы несколько типов образцов с резиновой крошкой и без нее с содержанием воздушных пустот  $3,5 \% \pm 0,5 \%$  и  $16 \% \pm 0,5 \%$  для плотных и пористых смесей соответственно. Влияние источника асфальтового вяжущего и влияние процедуры измельчения резиновой крошки, концентрации и градации были также оценены, чтобы лучше понять факторы, влияющие на звукопоглощение дорожных покрытий. Кроме того, оценивалось влияние неровности дорожного покрытия. Неакустические свойства образца были измерены и сопоставлены с коэффициентами звукопоглощения, полученными от уплотненных образцов.

#### Результаты и обсуждения

Результаты показали, что эффект резиновой крошки как энергопоглощающего (демпфирующего) материала минимален и существенно не увеличивает звукопоглощение. Однако присутствие частиц резиновой крошки повлияло на объемные свойства смеси, что, в свою очередь, повлияло на звукопоглощение. Были обнаружены сильные корреляции между проницаемостью и содержанием вяжущего с звукопоглощением. Однако в этом исследовании на проницаемость влияло содержание связующего, при этом проницаемость уменьшалась по мере увеличения содержания связующего. Это объясняется наличием резиновой крошки в более высоком содержании связующего. Результаты также показали, что звукопоглощение коррелирует с толщиной дорожного покрытия, хотя эффекты были разными для плотных и пористых смесей, а также для низкочастотных и высокочастотных диапазонов. Таким образом, было показано, что резиновая крошка не влияет на поглощение звука напрямую, но косвенно влияет на поглощение звука через другие изменения свойств смеси, такие как проницаемость и содержание связующего. Толщина дорожного покрытия по-разному влияет на звукопоглощение для пористых и плотных смесей, и оптимальная толщина обеспечивает максимальное звукопоглощение для данного типа смеси.

Процедура измельчения резиновой крошки приведены выше (рис.1). Резиновая крошка получается путем измельчения шин легковых, грузовых автомобилей, автобусов и других транспортных средств. Для использования в асфальтовых покрытиях шины легковых и грузовых автомобилей чаще всего используются для производства резиновой крошки. В процессе измельчения сталь и волокно, которые составляют около 40 % состава шины, измельчаются. Извлекаются магнитными системами и воздушными гравитационными системами

соответственно. Наиболее широко используемыми процессами измельчения являются процессы в окружающей среде и криогенные процессы. В процессе окружающей среды куски шин измельчаются при температуре окружающей среды с помощью летающих ножей, прикрепленных к ротору. Градация получаемой резиновой крошки контролируется прикрепленными ситами, которые разделяют продукт по размерам. В криогенном процессе куски шин измельчаются после замораживания с использованием жидкого азота. Конечный каучуковый продукт сортируется по размеру после удаления стали и волокна. Основное различие между продуктами двух процессов заключается в том, что резина, полученная с использованием процесса окружающей среды, имеет тенденцию на более шероховатую поверхность, в то время как криогенная резина имеет более гладкую поверхность. Это изменение в текстуре поверхности дает разные свойства связующего, модифицированного резиновой крошкой (CRM – crumb rubber modified); где вяжущие, приготовленные из каучука окружающей среды, имеют более высокие значения вязкости, чем те, которые приготовлены из криогенного каучука (Putman 2005; Blumenthal 1994).



Рисунок 1 – Производственный процесс для обработки покрышек и измельчения шин до резиновой крошки

Процедуры смешивания резиновой крошки. При добавлении резиновой крошки к асфальтовым смесям используются два основных процесса: мокрый и сухой. При мокром процессе резиновая крошка смешивается с битумным вяжущим при определенных температурах в течение заданного периода времени, чтобы получить связующее, модифицированное резиновой крошкой (связующее CRM). Вяжущее CRM (МРК – модифицированная резиновая крошка) затем смешивают с наполнителем с использованием обычного процесса смешивания для получения прорезиненных асфальтовых смесей. В сухом процессе резиновая крошка не смешивается с асфальтом, а добавляется к наполнителю более крупного размера, чем тот, который обычно используется при мокром процессе. Данная процедура смешивания не требует дополнительного оборудования для производства

гуммированного асфальта. Несмотря на то, что мокрый процесс требует доставки на завод дополнительного оборудования, он считается предпочтительным вариантом для производства прорезиненного асфальта из-за изменения свойств вяжущего, которое происходит во время смешивания каучука и вяжущего. В Соединенных Штатах в настоящее время в большинстве проектов используется мокрый процесс. Вяжущее МРК(CRM) широко используются в нескольких штатах из-за доказанных преимуществ в отношении характеристик дорожного покрытия. Добавление МРК(CRM) к битумным вяжущим доказано исследователями и полевыми испытаниями, как эффективный метод повышения класса производительности битумного вяжущего, улучшения высокотемпературных свойств, снижения восприимчивости к остаточной деформации и обеспечения устойчивости к отражающему растрескиванию. Это также обеспечивает экологически безопасный вариант утилизации старых шин.

#### Выводы

Использование полученных в результате специального дробления резиновых крошек в составе асфальтовых смесей с применением различных связующих позволяет повысить устойчивость к растрескиванию, обеспечивает устойчивость и в определенной мере снижает нагрузку на окружающую среду за счет утилизации старых шин. Кроме, того применение таких асфальтовых смесей в покрытии автомобильных дорог способствует снижению шума от движения автомобильного транспорта.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Билавчук, С.** Оценка шума шин на асфальтобетонном покрытии из резиновой крошки. Канадская акустика. – 2005. 33 (1). – 37–41.
- 2 **Ямагучи, М., Накагава, Х. и Мидзуно, Т.** Механизм звукопоглощения пористого асфальтового покрытия. Журнал Акустического общества Японии (E). – 1999. – 20 (1). – 29–43.
- 3 AASHTO M320. (2005). Стандартная спецификация на асфальтобетонное вяжущее с высокой производительностью. Американская ассоциация государственных дорожных и транспортных чиновников, Вашингтон, округ Колумбия.
- 4 **Амирханян, С. Н.** Создание службы по производству асфальтобетонного каучука (ARTS). // Материалы конференции по асфальтобетонному каучуку 2003 г, Бразилиа, Бразилия, V 2, 577–588. – 2003.
- 5 **Карлсон, Д., Чжу, Х., Сяо, К.** Анализ шума дорожного движения до и после укладки асфальтобетонной резины. // Материалы по асфальтобетонному каучуку. – 2003. – 413–428, Бразилиа, Бразилия.
- 6 **Саканов, К. Т., Жәкеш, Б. М., Рылеев, Г. А., Асыллов, А. Б., Оразова, Д. К.** Использование продуктов переработки изношенных шин в дорожном строительстве. // Вестник ПГУ. Энергетическая серия. – № 1. – 2019. – С. 397–404.

- 7 <https://rcycle.net/rezina/kroshka/samodelnaya-drobilka-dlya-shin-svoimi-rukami>
- 8 **Крокер, М., Хансон, Д., Ли, З., Крайаткар, Р. и Виссамраджу, К. С.** Измерение акустических и механических свойств пористых дорожных покрытий и их связь с шумом шин/дороги. Отчет о транспортных исследованиях. – 1891. – 2004. – 16–22.
- 9 **Дантас Нето, С. А., Фариас, М. М., Паис, Дж. К., Перейра, П. А. и Пикадо Сантос, Л.** Поведение асфальто-резиновых горячих смесей, полученных с высоким содержанием резиновой крошки. Материалы конференции по асфальтобетонному каучуку 2003 года, Бразилиа, Бразилия, 2003. – 147–158.
- 10 **Нильссон, Н.** Поро-эластичное дорожное покрытие – новый инструмент для борьбы с дорожным шумом. // Материалы Национальной конференции по технике борьбы с шумом. – 198. –3 375–378.

#### REFERENCES

- 1 **Bilawchuk, S.** Tire noise assessment of asphalt rubber crumb pavement. // Canadian Acoustics. – 2005. – 33 (1). – 37–41.
- 2 **Yamaguchi, M., Nakagawa, H., and Mizuno, T.** Sound absorption mechanism of porous asphalt pavement. Journal of the Acoustical Society of Japan (E). – 1999. – 20 (1). – 29–43.
- 3 AASHTO M320. Standard specification for performance-graded asphalt binder. // American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington D. C., 2005.
- 4 **Amirkhanian, S. N.** Establishment of an asphalt-rubber technology service (ARTS). Proceedings of the Asphalt Rubber 2003 Conference, Brasilia, Brazil, 2003. – V 2№ –P. 577–588.
- 5 **Carlson, D., Zhu, H., Xiao, C.** Analysis of traffic noise before and after paving with asphalt-rubber. Asphalt Rubber proceedings 2003. – 413–428. – Brasilia, Brazil, 2003.
- 6 **Sakanov, K. T., Zhakesh, B. M., Ryleev, G. A., Asylov, A. B., Orazova, D. K.** The use of waste tire recycling products in road construction. // Bulletin of PSU. Energy Series № 1. – № 1. – 2019. – С. 397–404.
- 7 <https://rcycle.net/rezina/kroshka/samodelnaya-drobilka-dlya-shin-svoimi-rukami>.
- 8 **Crocker, M., Hanson, D., Li, Z., Krajatkar, R., and Vissamraju, K. S.** Measurement of the acoustical and mechanical properties of porous road surfaces and their relationship to tire/road noise. // Transportation Research Record. – 1891. – 2004. – 16–22.
- 9 **Dantas Neto, S. A., Farias, M. M., Pais, J. C., Pereira, P. A. and Picado Santos, L.** Behavior of asphalt-rubber hot mixes obtained with high crumb rubber contents. // Proceedings of the Asphalt Rubber 2003 Conference, Brasilia, Brazil, 2003. – 147–158.
- 10 **Nilsson, N.** Poro-elastic road surface – a new tool for controlling traffic noise. // Proceedings – National Conference on Noise Control Engineering – 198. –3 375–378.

\*К. Т. Сақанов<sup>1</sup>, С. Н. Маханов<sup>2</sup>, М. Қ. Бекшек<sup>3</sup>, Д. М. Еркен<sup>4</sup><sup>1,2,3,4</sup>Торайғыров университет», Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

Материал баспаға түсті 16.09.22.

**БЕТОН ҚОСПАСЫНДАҒЫ РЕЗЕҢКЕ ҮГІНДІЛЕРІНІҢ  
ЖОЛ ДЫБЫСЫНА ӘСЕРІ**

Бұл мақалада автомобильдер, жүк көліктері және құрылыс техникасының ескі шиналарын жол құрылысында пайдалануы қарастырылады. Қайта өңдеу өнімдері үгінді резеңке болып табылады. Ескі шиналарды асфальтобетонмен құрамында модификацияланған резеңке үгіндісі түрінде пайдалану мақсатында қайта өңдеу, әлемнің жетекші елдерінде қарастырылып жатыр: АҚШ, Ресей және т.б.

Асфальтобетонның құрамында модификацияланған резеңке үгіндісін қолдану жабын материалының дыбысты сіңіру қабілетіне байланысты жабынның серпімділігін арттырады, адгезияны жақсартады, көліктердің қозғалысы кезінде шуды азайтады.

Мысалыға: көлік шуы автомобиль жолдарының жанында тұратын адамдар үшін, әсіресе халық тығыз орналасқан қалаларда күрделі мәселе болып табылады. Модификацияланған резеңке қиыршықты (МРҚ) асфальтобетонмен пайдалану, шу мәселесін белгілі бір дәрежеде азайтады. МРҚ бойынша шетелде жүргізілген зерттеулердің талдауын ұсынайық.

Осылайша, зерттеу нәтижелері энергияны сіңіретін материал ретінде резеңке үгіндісінің әсері шамалы екенін көрсетті. Дегенмен, үгінді резеңке бөлшектерінің болуы қоспаның көлемдік қасиеттеріне әсер етті, бұл өз кезегінде дыбысты сіңіруге әсер етті. Нәтижелері сонымен қатар, дыбысты сіңіру жол төсемінің қалыңдығына байланысты екенін көрсетті. Кеуекті және тығыз қоспалар үшін жол төсемінің қалыңдығы дыбысты сіңіруге басқаша әсер етеді, ал оңтайлы қалыңдық қоспаның осы түрі үшін максималды дыбысты жұтуды қамтамасыз ететінін көрсетті.

Кілтті сөздер: көліктің дыбысы, модификацияланған резеңке үгіндісі, қоспаның тығыздығы, қоспаның кеуіктілігі, дыбыс оқшаулағыштық, өткізгіштік, қоршаған орта.

\*К. Т. Sakanov<sup>1</sup>, S. N. Makhanov<sup>2</sup>, M. K. Bekshek<sup>3</sup>, D.M.Erken<sup>4</sup><sup>1,2,3,4</sup>Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Material received on 16.09.22.

**RUBBER CHIPS IN CONCRETE MIXTURE IMPACT ON ROAD NOISE**

This article discusses the use of old tires for cars, trucks and construction equipment in the construction of roads. Recycling products are crumb rubber. The recycling of old tires for the purpose of using them in the form of modified rubber crumb in the composition of asphalt concrete has long been carried out in the leading countries of the world: the USA, Russia, etc.

The use of modified rubber crumb in the composition of asphalt concrete increases the elasticity of the coating, improves adhesion, reduces noise from the movement of vehicles, due to the sound-absorbing ability of the coating material.

For example: traffic noise is a serious problem for people living near highways, especially in densely populated urban areas. The use of modified rubber crumb asphalt reduces the noise problem to a certain extent. Let us present an analysis of studies performed abroad on coatings with RTOs.

Thus, the results of the study showed that the effect of rubber crumb, as an energy-absorbing material, is insignificant. However, the presence of crumb rubber particles affected the bulk properties of the mixture, which in turn affected sound absorption. The results also showed that sound absorption correlated with pavement thickness. Pavement thickness has a different effect on sound absorption for porous and dense mixes, and the optimal thickness provides maximum sound absorption for this type of mix.

Keywords: car sound, modified rubber crumb, mixture density, mixture porosity, sound insulation, vapor permeability, environment.

SRSTI 73.31.41

<https://doi.org/10.48081/JIRT6053>\* **S. R. Baigereyev**D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University,  
Republic of Kazakhstan Ust-Kamenogorsk**MATHEMATICAL MODEL OF INDEPENDENT DEPARTURE OF A VEHICLE FROM A ROLLER BRAKE STAND AFTER TESTS**

*Due to the fact that with the great competition of technical inspection points, there is a need to increase the efficiency of the lines of technical control of road transport. Technical control lines are a whole range of diagnostic equipment designed to assess the technical condition of motor vehicles. The efficiency of vehicle technical control lines is understood as the number of vehicles per unit of time.*

*Roller stands for diagnosing brake systems of motor vehicles are widely used in the automotive industry. To date, the issue of increasing the efficiency of diagnosing the braking systems of road transport by increasing the reliability and accuracy of the diagnosis is relevant in this area.*

*The purpose of this article is to provide a mathematical description of the process of a motor vehicle leaving a roller brake tester. The developed mathematical apparatus makes it possible to determine the condition for the independent departure of motor vehicles from the stand, taking into account the values of the traction force and the force of resistance to the departure of the rollers of the stand. During the research, methods of analysis and mathematical modeling were applied. The obtained research results can be used to develop software for the operational calculation of the brake tester parameters.*

*Keywords: car, brake stand, diagnostics, technical control, traction force, resistance forces*

**Introduction**

The intensive growth in the number of vehicle inspection centers (VIC) and car service enterprises operating in a highly competitive environment necessitates the choice of the structure of technological equipment and methods of organizing work, improving and simplifying the technological process to achieve the best results of economic efficiency.

The complexity of vehicles and their diversity in terms of designs requires the modernization of test equipment for technical control lines to reduce the total service time in conditions of intensive in-line organization of vehicle diagnostics.

Under these conditions, the issue of developing a method for improving the performance of the line of diagnostic control of cars, expressed in the number of serviced cars per unit of time, is relevant.

Car technical control lines are designed to check the technical condition of cars and trucks, as well as buses. Technical control lines are completed with all necessary equipment, quality certificates and all necessary documentation for work [1–6].

**Materials and methods**

Technical control lines are divided into 4 main types: stationary, mobile, mobile and mobile-block. The most common LTK: stationary and mobile. Stationary LTKs are diagnostic equipment installed in a floor or recessed version. Mobile LTK is a universal container station for working with cars [8].

The stationary line of technical control allows you to identify any deviations in the operation of vehicle components from the normative ones with the possibility of displaying the results on a monitor.

The main advantage of these lines is that you can choose any acceptable option for both indoors and outdoors, which significantly reduces its cost.

The technical control line necessarily includes the LTK program, pre-installed on a computer, which collects and processes data that enters it through wireless communication adapters or is entered manually by the operator.

At the exit of the car from such a line, its complete diagnostic card is received in the form of an analytical summary, which can be printed out or left in the computer's memory. The line installed in the CTO will be in demand not only for technical control of cars, but also for the use of auxiliary diagnostic operations when servicing cars (Figure 1).

The basic element of a standard set of equipment for a stationary vehicle technical control line is a brake stand and a set of additional diagnostic devices: a four-component gas analyzer, a smoke meter, a headlight intensity tester, tire pressure gauges, a backlash detector, a steering backlash meter, a glass light transmission meter and other devices.

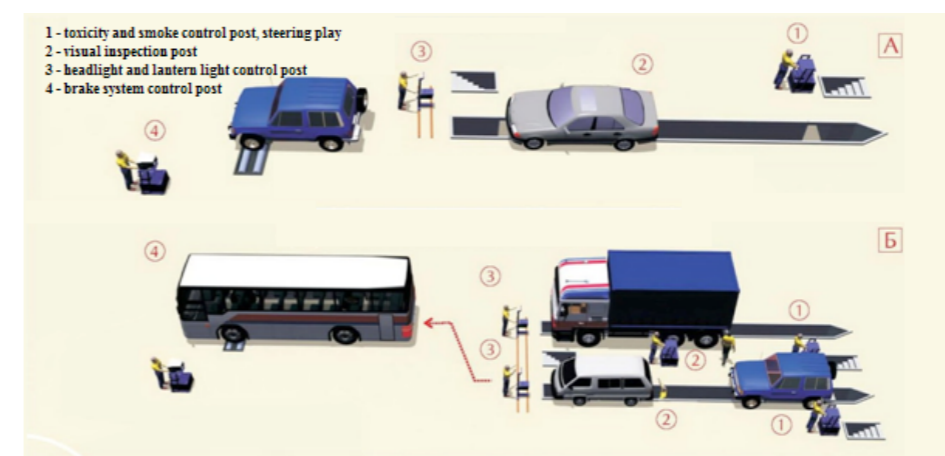


Figure 1 – Schemes of organizing the process of diagnosing cars on the technical control line

With the help of all this equipment, the brake system and steering complex are diagnosed, exhaust gases are analyzed (for a correct assessment of the fuel combustion system), glass light transmission is measured, the condition of the wheels (suspension play) and other indicators are checked.

It should be noted that a lot of publications are devoted to the study of the issue of increasing the efficiency of the technical control line (LTC). For example, the authors of the article [9] developed a mathematical model of the LTC operation to optimize the structure and characteristics of the testing equipment.

The average values of the number of cars in a certain interval obtained in the course of the statistical analysis were chosen as input parameters of the model. As part of the research, the authors considered 5 options for organizing diagnostic lines:

- 1) one-station single-beam line;
- 2) two-post single-beam line;
- 3) three-post single-beam line;
- 4) six-post two-beam line;
- 5) a five-post two-beam line.

Based on the numerical values of the mathematical expectation [9-11]:

$$M(n_k) = \sum_{i=1}^n n_k \cdot p \quad (1)$$

failure probabilities [9-11]:

$$P_{OTK} = P_n = \frac{p^n}{n!} P_0 = \frac{p^n}{n!} \cdot \frac{1}{e^n} \quad (2)$$

a mathematical dependence was obtained to determine the absolute capacity of the production line [9-11]:

$$A = \lambda Q = \lambda \left( 1 - \frac{p^n}{n!} \cdot P_0 \right) \quad (3)$$

As a result, the authors of the article [9] came to the conclusion that the most rational option for the location of diagnostic equipment corresponds to a five-post two-beam line.

Another work is devoted to optimizing the parameters of a roller brake tester for diagnosing vehicle brake systems [12].

The purpose of this work is to determine the rational characteristics of the roller brake stand, ensuring a stable position of the car on the stand. Using the method of mathematical modeling, the authors obtained a mathematical inequality characterizing the condition of non-ejection of a vehicle:

$$\frac{G_{a_1}}{2} \cdot \left[ \gamma_T \cdot -f - \sin \left( \frac{1}{1 + \sqrt{\frac{l_2}{O_1 M - h}}} \right) \right] - G_{a_2} \cdot \varphi_2 \leq 0 \quad (4)$$

The research results make it possible to minimize the loss of time for the installation of wheel chocks and, thereby, increase the throughput of the diagnostic control line.

Based on the high relevance of research topics, as well as the results of the literature review, the author has identified a new direction for improving the efficiency of the diagnostic line.

As practice shows, after the completion of tests on a roller brake stand, a problem arises associated with the independent departure of the car from the stand. This creates certain time losses in the conditions of the in-line organization of the process of diagnosing cars. To date, this problem is mainly solved through the use of lifts, which has many disadvantages.

As an option, the authors have developed a stand design (Figure 2) with the possibility of varying the position of the rollers, the relative displacement of which helps the wheels of the driving axle of the vehicle overcome the «obstacle force» of the rollers. The main components of the stand include a frame, two pairs of rollers, electric motors and measuring devices, an eccentric, a wheel support, an eccentric shaft, an AC motor, a flange coupling, an electromagnet, a brake disc, a pressure disc, a spring that provide the ability to vary the position of the rear rollers, in depending on the geometric and weight characteristics of the car in order to stabilize the latter on the rollers of the stand. When an electric voltage is applied, the rotor shaft of the AC motor rotates the eccentric shaft 6. In this case, the electromagnets 16 attract the pressure disks 13 under the action of electric current, overcoming the resistance of the springs 24. This ensures unhindered rotation of the brake disk 14, which is rigidly mounted on the shaft with a keyed connection. The eccentric shaft, acting with its eccentricity on the wheel support 1, contributes to changing the position of the rollers. Structurally, this is ensured by the movable base 7 (steel sheet located on the support frame), on which the bearings 3 of the support rollers are permanently fixed.

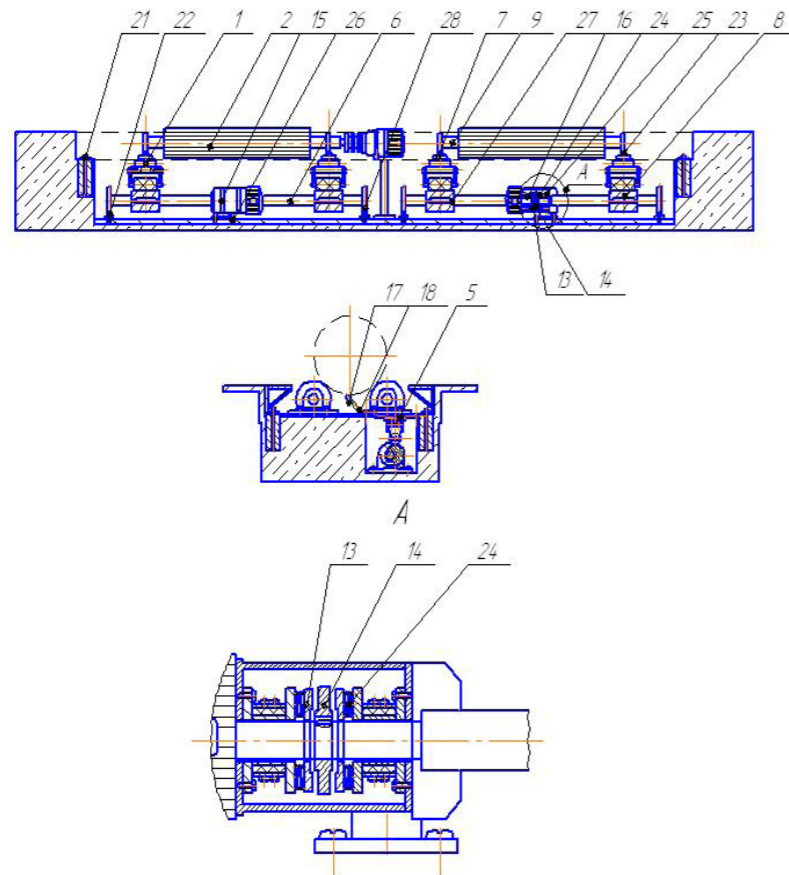


Figure 2 – Design of the developed brake stand

The front side of the base is pivotally fixed on a fixed axle, and the opposite side, through the wheel support, is subjected to the action of an eccentric. After establishing the required displacement of the rear roller, the current supply to the electric motor stops, and the mechanism for fixing the required level of the roller  $\Delta h$  is activated. This is realized by the two-sided action of the pressure discs on the brake disc by means of the elastic force of the springs.

However, there are no theoretical and experimental studies to determine the value of the change in the height of the roller, sufficient for the departure of the car. The results of the research can be of practical importance for the development of an automated stand that can adapt to the parameters of the car and automatically set the necessary geometric characteristics of the roller stand, corresponding to the condition of the independent departure of the vehicle after testing. In this article, the authors propose a mathematical model that allows you to determine the condition for the car to leave the stand on its own after completion of the tests.

**Results and discussion**

In this article, the authors propose a mathematical model that allows you to determine the condition for the car to leave the stand on its own after completion of the tests.

The running drums of the Power brake stand (PBS) support-roller device with a radius  $r_{\delta}$  have a circular cross-section with centers at the points  $K_1$  and  $K_2$  (Figure 3), and perceive at the points  $C_1$  and  $C_2$  the load  $G_{a1}$  of the driving wheels of the vehicle with a radius  $r_K$  with a center  $O_1$ . The wheels of the rear axle of a car with a weight  $G_{a2}$  centered  $O_2$  on a flat surface (Figure 3).

The center distance  $L$  of the rollers and the vertical offset  $h$  of the rear roller are the optimized geometric characteristics of the stand.

According to the accepted assumption, the rollers have a protrusion  $S$  from the floor level corresponding to  $S = \frac{1}{3} r_{\delta}$ .

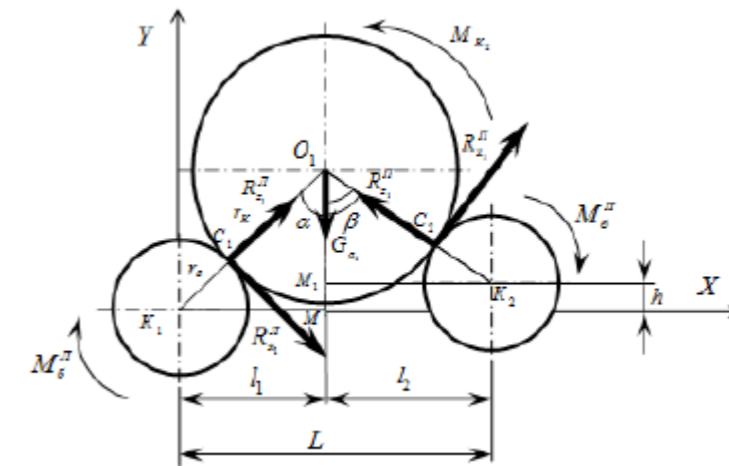


Figure 3 – Design scheme PBS

The algorithm for solving this optimization problem includes determining the initial angular variables by considering the corresponding right triangles  $\Delta K_1 M O_1$  and  $\Delta K_2 M_1 O_1$  (Figure 3).

$$\alpha_1 = \arctg\left(\frac{K_1 M}{O_1 M}\right) \tag{5}$$

$$\beta_1 = \arctg\left(\frac{K_2 M}{O_1 M - O_1 M_1}\right) \tag{6}$$

The geometric parameters  $K_1 M = l_1$ ,  $K_2 M = l_2$  and  $O_1 M$ , given in formulas (1) and (2) and defined as  $l_1 = l_2 = \frac{L}{2}$ ,  $O_1 M = \sqrt{(r_{\delta} + r_K)^2 - l_1^2}$  take  $h = 0$  into account the displacement of the wheel center  $O_1$  from the initial position under the condition  $h > 0$ . In this case, the relation  $l_1 < l_2$  is true.

The position of the center  $O_1$  of the car wheel is determined by the coordinate method, taking the center of the front roller  $K_1(0;0)$  as the origin.  $K_2(x_2; y_2)$  - coordinates of

the rear roller center.  $O_1(x_3; y_3)$  - coordinates of the wheel center, determined from the system of equations of circles:

$$\begin{cases} |K_1 O_1| = r_6 + r_K \\ |K_2 O_1| = r_6 + r_K \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \sqrt{(x_3 - 0)^2 + (y_3 - 0)^2} = r_6 + r_K \\ \sqrt{(x_3 - x_2)^2 + (y_3 - y_2)^2} = r_6 + r_K \end{cases} \quad (7)$$

The solution of system (3) determines the coordinates of the point :

$$(x - x_3)^2 - (y - y_3)^2 = r_K^2 \quad (8)$$

Having determined the coordinates  $x_3$  and  $y_3$ , the current values of the legs of right-angled triangles  $\Delta K_1 M O_1$  and  $\Delta K_2 M_1 O_1$  are calculated:

$$l'_1 = l_1 - (x_3 - x'_1) \quad (9)$$

$$l'_2 = l_2 + (x_3 - x'_1) \quad (10)$$

$$O_1 M' = O_1 M + (y_3 + y'_1) \quad (11)$$

Guided by the laws of theoretical mechanics, it should be stated that at the points of contact between the wheels of the diagnosed axle and the rollers  $C_1$  and  $C_2$  as a result of the distribution of the vertical load of the front axle  $G_{a_1}$ , support reactions  $R_{Z_1}^H$  and  $R_{Z_1}^H$  directed along the radius of the wheel occur [12].

At the points of contact of the second axle, located on a flat surface, normal reactions occur, numerically equivalent to the weight of the car falling on the second axle  $R_{z_2} = G_{a_2}$ .

The condition for the independent departure of the car will depend on a number of factors, in particular, on the traction and geometric characteristics of the car and the geometric parameters of the stand.

One of the main traction properties of a car is its power [15]:

$$N = P_T \cdot V \quad (12)$$

where  $P_T$  – is the traction force of the car,  $H$

$V$  – the speed of the car leaving after the test, m/s.

The mathematical condition for the car's independent departure will be written as an inequality, which compares the numerical value of the traction force of the car (taking into account the «obstructing (departure) force» created by the rollers) and the weight of the car falling on the free (in the case of a front- or rear-wheel drive car) axle

or axle located on rollers (in case of diagnosing an all-wheel drive vehicle). Depending on the traction characteristics of the vehicle, the following special cases are possible. Case 1 is a front-wheel drive car. In this case, the exit condition will look like this :

Depending on the traction characteristics of the vehicle, the following special cases are possible.

Case 1 – a front-wheel drive car. In this case, the exit condition will look like this:

$$\frac{N \cdot \cos \alpha_{H_2} \cdot f_1}{V} > G_{a_2} \cdot \varphi_2 \cdot f_2 \quad (13)$$

Case 2 – rear wheel drive vehicle:

$$G_{a_1} \cdot f_1 < \frac{N \cdot \varphi_2 \cdot \cos \alpha_{H_2} \cdot f_2}{V} \quad (14)$$

Case 3 – four-wheel drive vehicle:

$$\frac{N \cdot \cos \alpha_{H_2} \cdot f_1}{V} > \frac{N \cdot \varphi_2 \cdot f_2}{V} \quad (15)$$

To test the obtained analytical dependencies, we will conduct a computational experiment (Table 1). The following vehicles will be selected for testing:

Table 1 – Data computing experiment

№	Vehicle brand	Vehicle power	Wheel diameter	Vehicle weight	Drive
1	Lada Largus	79 kW	626 mm	1849 kg (906 kg - front, 943 kg - rear)	front-wheel drive
2	Shevrolet SS	312 kW	669 mm	1803 kg (910 kg - front, 893 kg)	rear wheel drive
3	VAZ 2121	59 kW	406 mm	1285 kg (650 kg - front, 635kg - rear)	four-wheel drive

For the computational experiment, the technical characteristics of the STM-3500 brake tester located in the laboratory «Maintenance and repair of vehicles» of the Competence Center in the field of motor transport operation will be used. The technical characteristics of the stand are given in the table 2.

Table 2 – Technical characteristics of the stand STM-3500N

Parameter	Unit	Value
Brake force measurement range on the diagnosed axle	kN	0–10
Axle mass (weight) measurement range	kg	0–3500
Power consumption	kN kg kW mm kg mm kg hail	7
Overall dimensions of the roller	mm	2340x680x290
Roller weight	kg	500
Power cabinet overall dimensions	mm	400x155x1100
Power cabinet weight	kg	20
Operating temperature range	degree	-30 to +50

### Conclusions

The calculation results are shown in the table 3.

Table 3 – The calculation results

№	Vehicle brand	Drive	Left side of the inequality	Right side of the inequality	Departure condition
1	Lada Largus	front-wheel drive	135,8 N	17,1 N	Yes
2	Shevrolet SS	rear wheel drive	324,54 N	54,03 N	no
3	VAZ-2121	four-wheel drive	264,32 N	43,12 N	no

Thus, the condition of independent departure is fulfilled only in the first case. Therefore, to ensure the car's departure from the roller stand, it is necessary to change the geometric characteristics of the stand, reducing the value of the relative vertical displacement of the rollers. The mathematical model developed by the authors will make it possible to determine the condition for the independent departure of the car and can be used as the basis for a computer program for automatic control of the roller stand.

### REFERENCES

1 **Krestin, E. A.** Diagnostics of machines and equipment : Textbook / E. A. Krestin, I. E. Krestin. – St. Petersburg : Lan, 2016. – 376 p. (In Russian)

2 **Glushchenko, A. A.** Technical operation of automobiles : a textbook for students of the Faculty of Engineering and Physics / A. A. Glushchenko. – Ulyanovsk : UIGU, 2019. – 232 p. (In Russian)

3 Technical operation of cars : Textbook for universities Ed. E. S. Kuznetsova. – Moscow : Transport, 2007. – 413 p. (In Russian)

4 **Borts, A. D., Zakin, Ya. Kh., Ivanov, Yu. V.** Diagnostics of the technical condition of the car. Moscow : Transport, 2008. – 159 p. (In Russian).

5 **Spichkin, G. V. etc.** Diagnostics of the technical condition of automobiles. – Moscow : Higher school, 2007. (In Russian)

6 **Miroshnikov, L. V., Boldin, A. P., Pal, V. I.** Diagnostics of the technical condition of vehicles at motor transport enterprises. – Moscow : Transport, 2008. – 267 p. (In Russian).

7 **Moroz, S. M.** Diagnosis at the state technical inspection and maintenance of vehicles / S. M. Freezing. – Moscow : N. Novgorod : NSTU, 2002. – 230 p. (In Russian).

8 **Postolit, A. V., Vlasov, V. M.** Information support of motor transport systems Moscow : MADI, 2004 – 242 p. (In Russian)

9 **Zavalko, A. G., Baigereev, S. R., Tautanov, A. S., Kovtun, S. D.** Modeling of technological processes for diagnosing vehicles to form the optimal structure of test equipment. // Bulletin of EKSTU im. D. Serikbaeva, Institute of Computational Technologies, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (joint issue). Computing technologies. – 2013. – p. 3. – P. 140–143 (In Russian).

10 Technological equipment for maintenance and repair of cars. – Moscow : Transport, 2008. – 176 p. (In Russian).

11 **Wentzel, E. S.** Operations research: tasks, principles, methodology. – 2nd ed. Moscow : Nauka, 2001. – 208 p. (In Russian)

12 **Baigereev, S. R., Zavalko, A. G.** Stand for diagnosing brake systems of cars with varying the position of the rollers // Materials of the XII Republican scientific and technical conference of students, undergraduates and young scientists (April 19-20, 2012). – Ust-Kamenogorsk : EKSTU, 2012. – Part II. – P. 17–18. (In Russian).

13 **Zavalko, A. G., Baigereev, S. R.** Power roller stand with adaptive system of geometrical parameters and automobile test modes // Proceedings of the 2nd International Academic Conference Applied and Fundamental Studies (Volume 1). – St. Louis, Missouri, USA, March 8–10, 2013 (In Russian).

14 **Kravchenko, V. A.** Operational properties of cars : textbook / V. A. Kravchenko. – Zernograd. ACHGAA, 2005. – 218 p. (In Russian)

15 **Zaripov, R. Yu., Sembaev, N. S., Mashim, A. S., Kaliyashev, B. S., Abildinov, E. R.** Development of a training stand for diagnosing the steering and suspension of a car // Science and Technology of Kazakhstan. – № 1. – 2022. P. 142–154 (In Russian).

Material received on 16.09.22.



\*С. Р. Байгереев

Д. Серікбаев Шығыс Қазақстан техникалық университеті,  
Қазақстан Республикасы, Өскемен қ.  
Материал баспаға түсті 16.09.22.

### СЫНАҚТАРДАН KEЙІН КӨЛІК ҚҰРАЛЫНЫҢ РОЛИКТІ ТЕЖЕГІШ ТІРЕГІНЕН ДЕРБЕС ШЫҒУЫНЫҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛІ

Техникалық байқау пункттерінің үлкен бәсекелестігіне байланысты автомобиль көлігін техникалық бақылау желілерінің тиімділігін арттыру қажеттілігі туындады. Техникалық бақылау желілері – автокөліктердің техникалық жағдайын бағалауға арналған диагностикалық жабдықтардың тұтас кешені. Автокөлікті техникалық басқару желілерінің тиімділігі уақыт бірлігіндегі көліктердің саны ретінде түсініледі.

Автокөліктердің тежеу жүйелерін диагностикалауға арналған роликті стендтер автомобиль өнеркәсібінде кеңінен қолданылады. Бүгінгі таңда осы салада диагностиканың сенімділігі мен дәлдігін арттыру арқылы автомобиль көлігінің тежеу жүйелерін диагностикалау тиімділігін арттыру мәселесі өзекті болып отыр.

Бұл мақаланың мақсаты – роликті тежегіш сынаушыдан шыққан автокөліктің процесінің математикалық сипаттамасын беру. Әзірленген математикалық аппарат тартым күшінің мәндерін және тіреу роликтерінің кетуіне қарсылық күшін ескере отырып, автокөліктердің стендтен тәуелсіз шығу жағдайын анықтауға мүмкіндік береді. Зерттеу барысында талдау және математикалық модельдеу әдістері қолданылды. Алынған зерттеу нәтижелерін тежегіш сынағыш параметрлерін операциялық есептеу үшін бағдарламалық қамтамасыз етуді әзірлеу үшін пайдалануға болады.

Кілтті сөздер: автомобиль, тежеу стенді, диагностика, техникалық бақылау, тарту күші, қарсылық күштері

\*С. Р. Байгереев

Восточно-Казахстанский технический университет имени Д. Серикбаева,  
Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск

### МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ВЫЕЗДА АВТОТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА С РОЛИКОВОГО ТОРМОЗНОГО СТЕНДА ПОСЛЕ ИСПЫТАНИЙ

Вследствие того, что с большой конкуренцией пунктов технического осмотра, появляется потребность в увеличении эффективности линий технического контроля автомобильного транспорта. Линии технического контроля представляют собой целый комплекс диагностического оборудования, которые предназначены для оценки технического состояния автомобильного транспорта. Под эффективностью линий технического контроля автотранспортных средств понимается количество автомобилей в единицу времени.

Роликовые стенды для диагностирования тормозных систем автомобильного транспорта находят очень широкое применение в сфере автомобилестроения. На сегодняшний день актуальным в этой сфере является вопрос повышения эффективности диагностирования тормозных систем автомобильного транспорта с помощью повышения достоверности и точности постановки диагноза.

Цель данной статьи заключается в математическом описании процесса выезда автомобильного транспорта с роликового тормозного стенда. Разработанный математический аппарат позволяет определить условие самостоятельного выезда автомобильного транспорта со стенда, учитывая значения силы тяги и силы сопротивления выезду роликами стенда. Во время проведения исследований были применены методы анализа и математического моделирования. Полученные результаты исследований могут быть применены для разработки программного обеспечения по оперативному расчету параметров тормозного стенда.

Ключевые слова: автомобиль, тормозной стенд, диагностика, технический контроль, сила тяги, силы сопротивления

**\*Б. Д. Каббасов**

Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

**АВТОМОБИЛЬДЕРДІҢ ГАЗБАЛЛОНДЫ ЖАБДЫҚТАРЫН ТЕХНИКАЛЫҚ ПАЙДАЛАНУДЫ ЖЕТІЛДІРУ**

*Бұл мақалада газбаллонды жабдықтарды техникалық пайдалану кезіндегі технологиялық процестерді теориялық зерттеу ұсынылған. Автомобиль көлігінің қоршаған ортаға және адамға теріс әсерін азайту басты мақсаттардың бірі болып табылады, сонымен қатар автомобильді техникалық пайдалану және жылжымалы құрамға техникалық қызмет көрсетуді, жөндейтін, сақтауды және май құюды нормативтік-техникалық қамтамасыз етуді талап етеді.*

*Сұйытылған көмірсутек газдары ағызу технологиялық процесінің негізгі параметрлері сұйық фазаны ағызу үшін қажетті уақыт пен қысым болып табылады. Бұл фазалар сұйытылған көмірсутек газдарды автомобиль газ баллонынан толық ағызу ұзақтығын, яғни автомобильдің ағызу орнында болу уақытын анықтайды.*

*Автомобиль газ баллонынан сұйытылған көмірсутек газдарды ағызудың технологиялық процесінің параметрлерін анықтау бойынша эксперименттік зерттеулердің нәтижелері келтірілген. Сынақ жүргізу үшін эксперименттік қондырғы жасалды.*

*Эксперименттік қондырғыға мультиклапанмен жабдықталған автомобиль газ баллонынан сұйытылған көмірсутек газдарды ағызу бекеті және сұйытылған көмірсутек газдарды ағызу магистралі кіреді.*

*Эксперименттердің міндеттері: сұйытылған көмірсутек газдарды ағызу бекетінің ұсынылған нұсқасының және мультиклапанмен жабдықталған автомобиль газ баллонынан газды ағызу магистралінің жұмысқа қабілеттілігін бағалау; сұйытылған көмірсутек газдарды ағызу технологиялық процесі параметрлерінің қоршаған орта температурасынан өзгеруін зерттеу; эксперимент нәтижелері бойынша математикалық модельді тексеру.*

*Кілтті сөздер: газбаллонды жабдықтар, газбаллонды автомобиль, техникалық қызмет көрсету, газ ағызу, нормативтік құжаттар.*

**Кіріспе**

Газбаллонды жабдықтың (ГБЖ) қазіргі заманғы конструкциясын талдай отырып, әртүрлі бекіту-сақтандыру арматурасы (БСА) бар автомобиль газ баллондарымен бірге мультиклапанмен жабдықталған автомобиль газ баллонынан және монтаждалған қоректендіру жүйесінен газды ағызуды жүзеге асыру мүмкін емес екендігі анықталды. Бұл ГБА-ны техникалық пайдаланудың технологиялық процесінің бұзылуына әкеледі және экологиялық жағдайға теріс әсер етеді, сондай-

ақ жарылыстың себебі болып, материалдық шығындар мен адам құрбандарына әкелуі мүмкін.

Газбаллонды автомобильдерге (ГБА) техникалық қызмет көрсету процесінде РД 03112194-1094-03 нормативтік құжатында көрсетілген, оларға автомобиль ГАЗ баллондарынан сұйытылған газды ағызуға жататын бірқатар ерекше операцияларды орындауға тура келеді. Автомобиль баллондарынан сұйытылған газды ағызуды қоршаған ортаның ластануын және ойпаттар мен шұңқырларда жарылыс қауіпті газ бұлттарының жиналуын болдырмау үшін СКГ төгу постында ғана жүргізуге рұқсат етіледі.

Сұйытылған көмірсутек газдары (СКГ) барлық жерде тұрмыстық және технологиялық отын ретінде пайдаланылады, сондай-ақ автомобиль көлігі үшін отын ретінде қолданылады. Автомобильдердің барлық үлкен үлесі СКГ-ға ауыстырылады, өйткені өзге де тең жағдайларда газ экономикалық неғұрлым тиімді отын болып табылады [1].

Бұл зерттеудің мақсаты автомобиль ГАЗ баллондарынан СКГ төгу мүмкіндігін қамтамасыз ету үшін ГБА-ны техникалық пайдаланудың технологиялық процестері мен қоректендіру жүйесінің құрылымын жетілдіру болып табылады.

СКГ-ны мотор отыны ретінде қолдану көпжылдық тәжірибемен расталып, үлкен өзектілікке ие болады. Бұл ГБА әлемдік паркінің және СКГ-ға сұраныстың артуымен расталады. АҚШ, Канада, Жаңа Зеландия, Австралия, Италия және т.б. сияқты елдерде автомобиль көлігінде газ отынын енгізу тиімді кредиттік және жеңілдікті салық саясатының көмегімен жүргізіледі. Ресейдегі СКГ нарығы да өсуде, негізгі тұтынушылар жеңіл автомобильдер мен аз тоннажды жүк автомобильдері (82 %) болып табылады. Әсіресе бұл газ өндіру немесе мұнай өңдеу жүргізілетін аудандар үшін өзекті [6].

ГБА-ның пайда болу кезеңдерін талдай отырып, ГБЖ-ның қозғалтқышқа отын беру принципіне және экологиялық талаптарға байланысты өзгерді деген қорытынды жасауға болады. Практикада пайдаланылатын ГБА-ның көпшілігі мультиклапан түрінде БСА бар автомобиль газ баллонымен жабдықталған, әртүрлі мақсаттағы жекелеген вентильдер түрінде БСА бар газ баллондары сирек кездеседі.

Практикада мультиклапаны бар автомобиль газ баллонынан газды ағызудың технологиялық процесін жүргізу мүмкін емес, себебі мультиклапанда ағызу шлангын қосуға арналған ажыратқыштар жоқ, ал мультиклапанның Шығыс магистралінде магистралдегі газдың өту жылдамдығын шектейтін жылдамдық клапаны орнатылған. Осылайша, мультиклапан түріндегі автомобиль газ баллондарының БСА газды төгу мүмкіндігін жоғалтты және бірде-бір нормативтік құжатта осындай баллондардан газды төгуді қалай жүзеге асыру керектігі айтылмаған [2].

Жеке вентильдер түріндегі БСА бар автомобиль газ баллонынан технологиялық түрде газды ағызуды жүзеге асыруға болады, бірақ бұл төгу бекеттерінің жоқтығынан орындалмайды [7].

Нәтижесінде ГБА-ны техникалық пайдалану барысында жүргізуші нормативтік құжаттардың талаптарын бұзуға және қажет болған жағдайда газ баллонын қоршаған ортаға улауға мәжбүр болған. Мұндай жағдайлар ГБА пайдалану процесінде тек Ресей үшін ғана емес, Еуропа елдеріне де тән. Бұл ретте қоршаған ортаға СКГ шығарындылары қаланың тұрғын аймағындағы экологиялық жағдайға теріс әсер етеді, адамдардың денсаулығына зиян келтіреді, сондай-ақ жарылыстың себебі болуы және материалдық шығындар мен адам құрбандарына әкелуі мүмкін, өйткені ауада нашар шашырайтын ауыр көмірсутек газы жарылғыш газ-ауа қоспасын оңай құруы мүмкін.

#### Зерттеу материалдары мен әдістері

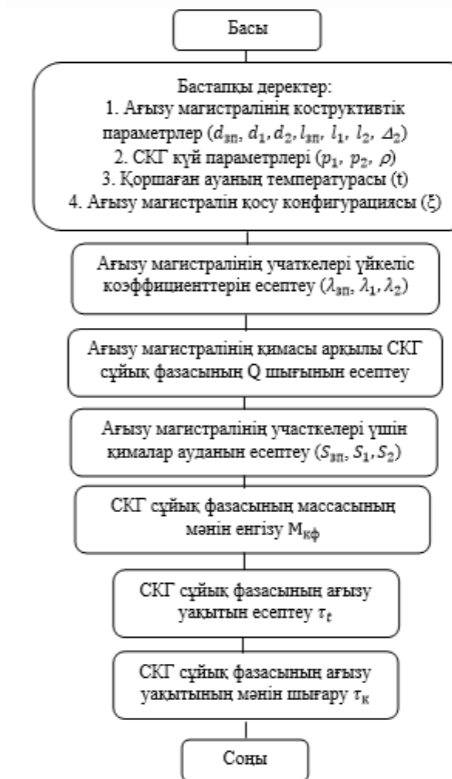
ГБА техникалық пайдалану теориясы мен практикасына сәйкес келмеуі (қазіргі ГБА конструкциясында автомобиль баллондарынан газды ағызуға арналған құрылғылардың болмауына байланысты) ГБА техникалық пайдалану кезінде технологиялық процестердің қауіпсіз орындалуын қамтамасыз ететін ұйымдастырушылық және технологиялық шешімдер қабылдауды талап етеді. Бұл зерттеудің өзектілігі мен практикалық қажеттілігін көрсетеді.

Қоршаған ортаға газ баллондарының БСА ақаулары кезінде көмірсутектердің шығарылуын болдырмау үшін АГҚС (Автогаз Құю Станциясы) және АКК (Автокөлік кәсіпорны) СКГ төгудің қарапайым және сенімді посттарының нұсқалары ұсынылды. Бұл ретте АКК-ға төгу орнының нұсқасына пайдалы модельге РФ патенті алынды. Ұсынылған пост АКК-да және ГБА-ны қайта жабдықтау мен қызмет көрсетуді жүзеге асыратын кәсіпорындарда орналасуы мүмкін [3].

СКГ төгу технологиялық процесінің негізгі параметрлері сұйық фазаны төгу үшін қажетті уақыт пен қысым болып табылады. Бұл параметрлер автомобиль газ баллонынан СКГ толық ағызу ұзақтығын, яғни автомобильдің ағызу бекетінде болу уақытын қамтиды [8].

Автомобиль газ баллонынан СКГ сұйық фазасын сығудың ұзақтығы оның баллондағы массасына және СКГ қасиеттеріне байланысты. Бұл ретте газ баллонынан өтетін процестер Термодинамика және гидродинамика заңдарына бағынады.

СУГ – екі фазалы «сұйықтық-бу» қоспасы. Бұл ретте сұйытылған газдардың булары жабық кеңістікте осы заттың сұйықтығының бос беті болған жағдайда ғана қаныққан күйде болады. Бұл екі фазалы жүйе будың белгілі бір серпімділігі жауап беретін температурада ғана болуы мүмкін. Осылайша, әрбір температураға белгілі бір қысым сәйкес келеді.

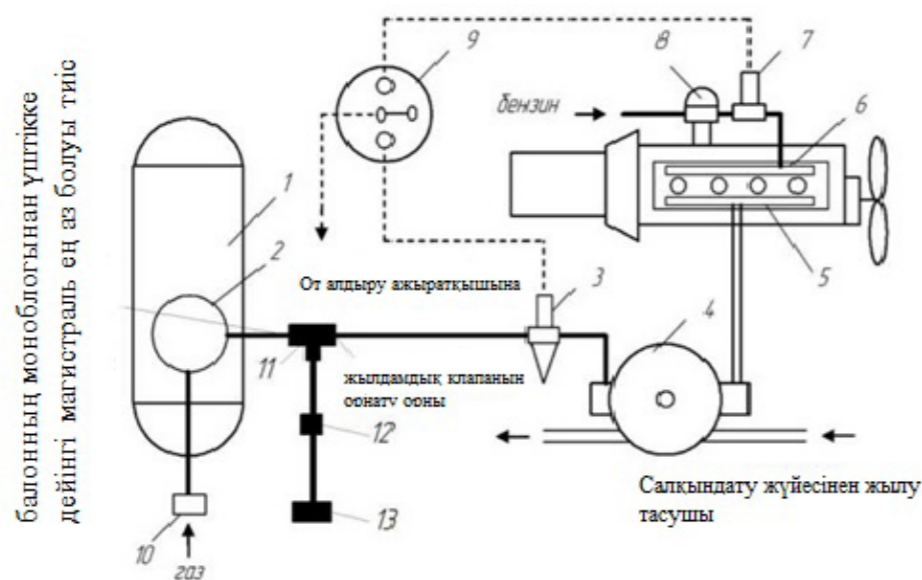


Сурет 1 – әртүрлі пайдалану жағдайларында және СКГ ағызу магистралінің конструктивтік параметрлері кезінде автомобиль газ баллонынан СКГ сұйық фазасын ағызу уақытын анықтау алгоритмі

Температураның өзгеруімен СКГ бу және сұйық фазаларының химиялық құрамы өзгереді, тиісінше будың жалпы серпімділігі өзгереді, бұл ГБА қозғалтқышының жұмыс қабілеттілігіне әсер етеді және қозғалтқышқа жұмыс қоспасы құрамының тұрақтылығына қол жеткізу үшін тек сұйық фазаны беруді жүзеге асыруды талап етеді [10].

СКГ жай-күйі параметрлерінің және СКГ ағызу магистралінің конструктивтік параметрлерінің тәуелділігіне жүргізілген талдау негізінде әртүрлі пайдалану жағдайларында автомобиль газ баллонынан СКГ сұйық фазасын ағызу уақытын анықтау алгоритмі салынды (1-сурет).

Су ағызу магистралінің конструктивтік параметрлерінің әсерін ескере отырып, автомобиль газ баллонынан СУГ ағызу уақытына қозғалтқышты газбен қоректендіру жүйесін толық жабдықтау нұсқасы ұсынылды. Газ қозғалтқышты қоректендіру жүйесінің ұсынылатын конструкциясының мәні қозғалтқышқа газ беру магистралінде қосымша үштіккі орнату болып табылады, оған газды ағызу вентилі қосылған және кері клапан жоқ ВЗУ. Сонымен қатар қозғалтқыш жағынан тройник мультиклапаннан демонтаждалған жылдамдық клапаны орнатылған (2-сурет).



Сурет 2 – мультиклапаны бар баллонды пайдаланған жағдайда қозғалтқышты газбен қоректендіру жүйесін толық жабдықтау нұсқасы

1 – газ баллоны; 2 – мультиклапан; 3 – сүзгісі бар магистральдық газ клапаны; 4 – газды редуктор; 5 – газды рампа; 6 – бензинді рампа; 7 – бензинді клапан; 8 – бензонасос; 9 – қоректендіру түрін ауыстырып қосу тумблері; 10 – ШҚҚ (Шығарылатын Құю Құрылғысы (ВЗУ)); 11 – жылдамдық клапаны бар тройник; 12 – газды ағызу вентилі; 13 – газды ағызуға арналған кері клапан жоқ ШҚҚ

### Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау

Тұрақты қимадағы түзу құбырларда сұйықтықтың қозғалысы кезінде ұзындығы бойынша үйкеліске энергия шығыны пайда болады. Бұл шығындар сұйықтықтың ішкі үйкелуімен байланысты, сондықтан олар тек кедір-бұдырлы ғана емес, тегіс құбырларда да орын алады [9].

Тәжірибелік қондырғы мультиклапанмен жабдықталған автомобиль газ баллонынан СУГ құю бекетін және СУГ ағызу магистралін қамтиды [4].

Эксперименттердің міндеттері: СКГ төгу постының ұсынылған нұсқасының және мультиклапанмен жабдықталған автомобиль газ баллонынан газды ағызу магистралінің жұмысқа қабілеттілігін бағалау; қоршаған орта температурасынан СКГ төгу технологиялық процесі параметрлерінің өзгеруін зерттеу; эксперимент нәтижелері бойынша математикалық модельдің барабарлығын тексеру болып табылады.

Эксперимент әзірленген әдістеме бойынша жүргізілді. Автомобиль газ баллоны 3 сағат ішінде ашық ауада болды. Эксперимент басталар алдында ЛТ–300 термометрінің көмегімен қоршаған ауаның температурасы, резервуардағы СУГ қысымы – МТИ–1216 манометрімен, автомобиль газ баллонының салмағы – МИДЛ–П 150 таразысымен белгіленді. Содан кейін тәжірибелік қондырғы іске

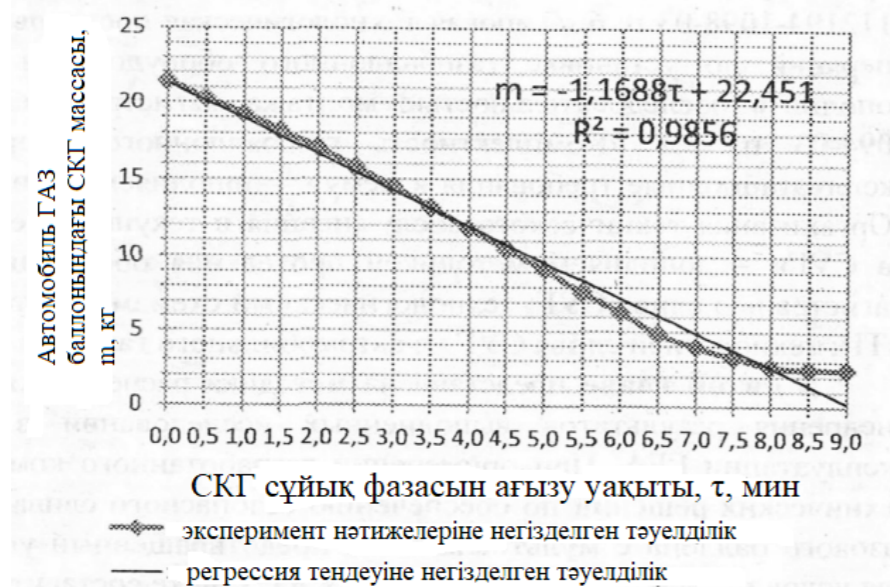
қосылды. Әрбір 30 секунд сайын, СОПпр–2–010 секунд көрсеткішінен шыға отырып, автомобиль газ баллонының массасын өлшеу жүргізілді.



Сурет 3 – эксперименттік қондырғының жалпы түрі

1 – сығылған табиғи газы бар баллон; 2 – ДКП–1–65 редуктор; 3 – аккумуляторлық батарея; 4 – арынды магистраль; 5 – МИДЛ–П 150 едендік таразылар; 6 – көлемі 50 л автомобильдік газ баллоны; 7 – мультиклапан; 8 – СУГ ағызу магистралі; 9 – көлемі 130 л төгу резервуары; 10 – манометр.

Жүргізілген эксперимент нәтижесінде автомобиль ГАЗ баллонындағы СКГ салмағының СКГ ағызу уақытынан тәуелділігі туралы деректер алынды. Эксперимент барысында алынған зерттеу нәтижелері зерттелетін параметрлердің әртүрлі факторлардан графикалық тәуелділігін құру үшін қолданылды (4-сурет).



Сурет 4 – автомобиль газ баллонындағы СКГ массасының эксперимент нәтижелері мен регрессия тендеуі бойынша плюс 9,48-ден плюс 10,56 °C дейінгі температурада ағызу уақытына тәуелділігі

Бастапқы деректер: автомобиль газ баллонының көлемі – 50 л; ағызу резервуарының көлемі – 130 л; табиғи газбен баллонның көлемі: – 50 л; арынды магистраль түтігінің диаметрі – 8 мм; арынды магистральдің ұзындығы – 2000 мм; дуал түтігінің диаметрі – 6 мм; дуал түтігінің ұзындығы – 200 мм; ағызу Магистраль түтігінің диаметрі – 6 мм; ағызу магистральінің ұзындығы – 1800 мм; СУГ салмағы – 21,4 кг.

Эксперименталды сынақтар нәтижелерін өңдеу корреляциялық-регрессиялық талдау әдістері негізінде жүргізілді. Эксперименталды деректерді өңдеу нәтижелері бойынша  $K = 0,98$  детерминация коэффициенті бар регрессия тендеулері алынды, бұл алынған тендеулердің СКГ-ны төгудің зерттелетін технологиялық процесін жақсы сипаттайтынын көрсетеді. Корреляцияның сызықтық коэффициентінің мәні  $\Gamma = -0,99$  құрайды, бұл белгілер арасындағы тікелей және тығыз байланыстың болуын куәландырады [5].

#### Қорытынды

Орындалған зерттеулер мен іздестірулер нәтижесінде келесі қорытындыларға келуге болады:

СКГ ағызу магистральінің конструктивтік параметрлерінің және СКГ жай-күйі параметрлерінің мультиклапанмен жабдықталған автомобиль газ баллонынан СКГ ағызу технологиялық процесінің параметрлеріне әсер ету заңдылықтары белгіленген.

СКГ төгу технологиялық процесі параметрлерінің СКГ жай-күйі параметрлерінен және СКГ ағызу магистральінің конструктивтік параметрлерінен өзара байланысын анықтауға мүмкіндік беретін математикалық модель әзірленді.

Математикалық модельдің конвергенциясын бағалау эксперимент нәтижелері бойынша жүргізілді. Сенімділік ықтималдығы үшін  $\Gamma = 0,9$  эксперименттік мәліметтер негізінде алынған Фишердің дисперсиялық қатынасының мәні F-критерийдің кестелік мәндерінен үлкен, бұл эксперимент нәтижелеріне математикалық модельдің сәйкестігін көрсетеді.

#### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

- 1 **Раенбагина, Э. Р.** Совершенствование технической эксплуатации газобаллонного оборудования путем обеспечения возможного слива газа дис. кандидата техн. наук. – Омск : СибАДИ, 2014. – 360 с.
- 2 **Панов, Ю. В.** Установка и эксплуатация газобаллонного оборудования автомобилей / Ю. В. Панов. – М. : Изд. центр «Академия», 2006. – 160 с.
- 3 **Певнев, Н. Г.** Совершенствование процесса эксплуатации газобаллонных автомобилей с двухтопливной системой питания : дис. ... д-ра техн. наук. – Омск : СибАДИ, 2004. – 360 с.
- 4 **Пронин, Е. Н.** Природный газ – моторное топливо XXI века // Природный газ в моторе? Вопросы и ответы / Е. Н. Пронин. – М. : Алькор-4, 2006. – 60 с.
- 5 **Савельев, Г. С.** Техничко-экономические показатели газодизельных и газоискровых двигателей, работающих на КПГ / Г. С. Савельев, Д. В. Дегтярев // Транспорт на альтернативном топливе. – 2012. – № 2 (26). – С. 74–75.
- 6 **Бок, М. А.** Развитие индустрии и секторов конечного потребления сжиженных углеводородных газов в мире и в России / М. А. Бок // Автономное газоснабжение. – 2007. – Июль. – С. 7–11.
- 7 **Гаврилов, А. Х.** Газобаллонот оборудование автомобилей / А. Х. Гаврилов, Н. Г. Певнев, Л. Н. Бухаров. – М. : Недра, 1991. – 141 с.
- 8 **Григорьев, Е. Г.** Газобаллонные автомобили / Е. Г. Григорьев, Б. Д. Колубаев, В. И. Ерохов, А. А. Зубарев. – М. : Машиностроение, 1989. – 216 с.
- 9 **Зайдель, А. Н.** Погрешности измерений физических величин / А. Н. Зайдель. – Л. : Наука, 1985. – 112 с.
- 10 **Ерохов, В. И.** Легковые газобаллонные автомобили: устройство, переоборудование, эксплуатация, ремонт / В. И. Ерохов. – М. : Академкнига, 2003. – 283 с.

#### REFERENCES

- 1 **Raenbagina, E. R.** Sovershenstvovanie tekhnicheskoy ekspluatatsii gazoballonogo oborudovaniya putem obespecheniya vozmozhnogo sliva gaza : dis. kandidata tekhn. nauk. – Omsk : SibADI, 2014 – 360 p.
- 2 **Panov, Yu. V.** Ustanovka i ekspluatatsiya gazoballonogo oborudovaniya avtomobilej / Yu. V. Panov. Moscow : Izd. centr «Akademiya» 2006. 160 p.

3 **Pevnev, N. G.** Sovershenstvovanie processa ekspluatsii gazoballonnyh avtomobilej s dvuhtoplivnoj sistemoj pitaniya: dis. ... d-ra tekhn. nauk. Omsk : SibADI. 2004. 360 p.

4 **Pronin, E. N.** Prirodnyj gaz – motornoe toplivo НКНІ века // Prirodnyj gaz v motore? Voprosy i otvety / E. N. Pronin. Moscow : Al'kor-4, 2006. 60 P.

5 **Savel'ev, G. S.** Tekhniko-ekonomicheskie pokazateli gazodizel'nyh i gazoiskrovnyh dvigatelej, rabotayushchih na KPG / G.S. Savel'ev, D.V.Degtyarev // Transport na al'ternativnom toplive. 2012. № 2 (26). S. 74–75.

6 **Bok, M. A.** Razvitie industrii i sektorov konechnogo potrebleniya szhizhennyh uglevodorodnyh gazov v mire i v Rossii / M. A. Bok // Avtonomnoe gazosnabzhenie. – 2007. – Iyul'. – S. 7–11.

7 **Gavrilov, A. H.** Gazoballonot oborudovanie avtomobilej / A. H. Gavrilov, N. G. Pevnev, L. N. Buharov. – Moscow : Nedra, 1991. – 141 P.

8 **Grigor'ev, E. G.** Gazoballonnye avtomobili / E. G. Grigor'ev, B. D. Kolubaev, V. I. Erohov, A. A. Zubarev. – Moscow : Mashinostroenie, 1989. – 216 P.

9 **Zajdel', A. N.** Pogreshnosti izmerenij fizicheskikh velichin / A. N. Zajdel'. – L. : Nauka, 1985. – 112 P.

10 **Erohov, V. I.** Legkovye gazoballonnye avtomobili: ustrojstvo, pereoborudovanie, ekspluatsiya, remont / V. I. Erohov. Moscow. : Akademkniga, 2003. – 283 P.

Материал баспаға түсті 16.09.22.

**\*Б. Д. Каббасов**

Торайғыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар.

#### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГАЗОБАЛЛОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ

*В данной статье представлено теоретическое исследование технологических процессов при технической эксплуатации газобаллонного оборудования. Снижение негативного воздействия автомобильного транспорта на окружающую среду и человека является одной из главных целей, а также требует нормативно-технического обеспечения технической эксплуатации автомобиля и технического обслуживания, ремонта, хранения и заправки подвижного состава.*

*Основными параметрами технологического процесса слива сжиженных углеводородных газов являются время и давление, необходимые для слива жидкой фазы. Эти фазы обуславливают продолжительность полного слива сжиженных углеводородных газов из автомобильного газового баллона, а значит и время нахождения автомобиля на посту слива.*

*Приведены результаты экспериментальных исследований по определению параметров технологического процесса сброса сжиженных углеводородных газов из автомобильного газового баллона. Для проведения испытаний была разработана экспериментальная установка.*

*Экспериментальная установка включает в себя станцию слива сжиженных углеводородных газов и магистраль слива сжиженных углеводородных газов из автомобильного газового баллона, оборудованного мультиклапаном.*

*Задачи экспериментов являются: оценка работоспособности предлагаемого варианта сливного поста сжиженных углеводородных газов и магистрали слива газа из автомобильного газового баллона, оборудованного мультиклапаном; исследование изменения параметров технологического процесса слива сжиженных углеводородных газов от температуры окружающей среды; проверка математической модели по результатам эксперимента.*

*Ключевые слова: газобаллонное оборудование, газобаллонный автомобиль, техническое обслуживание, слив газа, нормативные документы.*

**\*B. D. Kabbassov**

Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Material received on 16.09.22.

#### IMPROVEMENT OF TECHNICAL OPERATION OF GAS CYLINDER EQUIPMENT OF CARS

*This article presents a theoretical study of technological processes during the technical operation of gas cylinder equipment. Reducing the negative impact of road transport on the environment and humans is one of the main goals, and also requires regulatory and technical support for the technical operation of the vehicle and maintenance, repair, storage and refueling of rolling stock.*

*The main parameters of the technological process of draining liquefied hydrocarbon gases are the time and pressure required for draining the liquid phase. These phases determine the duration of the complete discharge of liquefied petroleum gases from an automobile gas cylinder, and hence the time the car is at the discharge post.*

*The results of experimental studies to determine the parameters of the technological process of discharge of liquefied petroleum gases from an automobile gas cylinder are presented. An experimental setup was developed for testing.*

*The experimental installation includes a liquefied petroleum gas discharge station and a liquefied petroleum gas discharge line from an automobile gas cylinder equipped with a multi-valve.*

*The objectives of the experiments are: to assess the operability of the proposed version of the liquefied petroleum gas discharge post and the gas discharge line from an automobile gas cylinder equipped with a multi-valve; to study the change in the parameters of the technological process of draining liquefied petroleum gases from the ambient temperature; to verify the mathematical model based on the results of the experiment.*

*Keywords: gas cylinder equipment, gas cylinder car, maintenance, gas drain, regulatory documents.*

**Е. Е. Витвицкий<sup>1</sup>, \*Е. С. Галактионова<sup>2</sup>**

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)», г. Омск

**ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕВОЗКИ ГРУЗОВ В ГОРОДСКИХ УСЛОВИЯХ**

В условиях острой конкурентной борьбы, наблюдающейся в настоящее время практически в любой сфере, особенно острым является вопрос сокращения затрат. Возможным направлением решения этого вопроса является сокращение транспортных затрат, в том числе, путем обоснования применяемой технологии перевозки. Поскольку в настоящее время автотранспортные предприятия практически сняли с себя функцию организации и планирования выполнения заказов, и в основном ограничиваются передачей транспортных средств в аренду, обоснованно выбранная технология грузовых перевозок позволит добиться существенного сокращения временных затрат и, тем самым, существенно снизить стоимость аренды транспортных средств. В современной научной литературе выделяют две основные технологии грузовых автомобильных перевозок, различающихся применяемыми при планировании подходами и методами решения задач: перевозки грузов помашинными отправлениями и мелкими отправлениями. Данное исследование направлено на выявление различия при применении различных технологий получаемых результатов. В рамках данной работы выполнено предварительное исследование планирования применения различных технологий перевозок грузов в городских условиях эксплуатации. В результате сравнения полученных результатов, установлена необходимость выполнения дальнейших исследований в данном направлении. **Ключевые слова:** автотранспортная система, перевозка грузов, грузы мелкими отправлениями, расписание работы, автотранспортные средства.

**Введение**

Сокращение затрат – это одна из основных проблем существования компаний в условиях рыночной экономики, решению которой посвящено множество работ [1, 2]. Возможным направлением решения этой задачи является снижение транспортных расходов, вследствие чего одной из актуальных проблем автомобильного транспорта до настоящего времени остается поиск оптимального решения задачи маршрутизации и построения расписаний. Исследованию возможных направлений решений данного вопроса посвящено множество трудов. В основном, рассматриваемые в современных трудах направления, связаны с автоматизацией процесса и возможностям применения различных алгоритмов оптимизации [3–7]. Однако ранее было установлено, что для различных методов

(способов) перевозок применяются различные методы маршрутизации [8], следовательно, прежде чем принять решение об использовании того или иного метода маршрутизации необходимо выбрать способ (технология) перевозки.

**Материалы и методы**

Цель исследования – установить факт и размер различия результатов, получаемых при использовании различных технологий грузовых автомобильных перевозок в заданных условиях.

Важность решения данного вопроса можно проиллюстрировать на следующем примере. Имеется транспортная сеть, рис. 1.

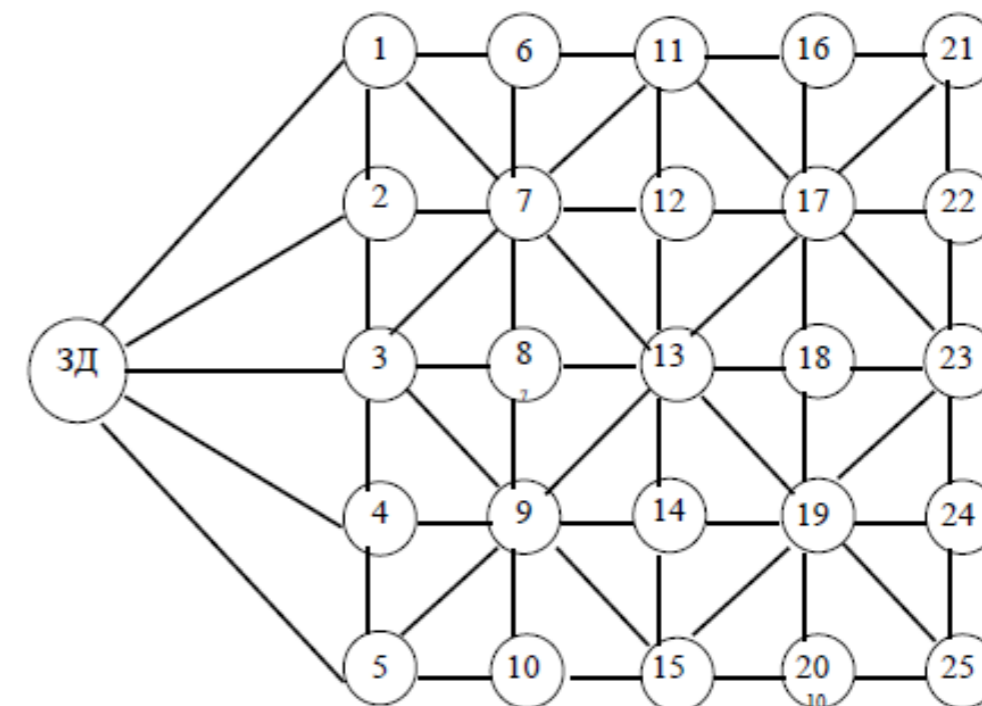


Рисунок 1 – Схема транспортной сети

Необходимо перевезти в каждый пункт, с 1 по 25, по 6 т груза. Для выполнения перевозки можно использовать технологию перевозки грузов и помашинными и мелкими отправлениями, в зависимости от применяемого подвижного состава. Предположим, что на предприятии имеются транспортные средства грузоподъемностью 6 т (используя которые можно сформировать маятниковые маршруты с обратным негруженным пробегом) и грузоподъемностью 12 т, применяя которые формируются развозочные маршруты. Для маршрутизации мелких отправок применен метод «Иди в ближайший» [9]. Результаты маршрутизации использованы для определения результатов работы на маятниковых маршрутах, для случая применения помашинных перевозок и на развозочных маршрутах, для случая применения технологии перевозок грузов мелкими отправлениями («развозка»).

При построении расписаний использован эвристический алгоритм «встречная погрузка» [10]. Проектирование функционирования автотранспортных систем перевозки грузов (АТСПГ) с использованием различных технологий выполнялось на основе методик проектирования и моделей описания функционирования автотранспортных систем перевозки грузов автомобильным транспортом в городских условиях эксплуатации [10].

**Результаты и обсуждение**

Расписания работы транспортных средств, полученные с использованием указанных методов, приведены на рис. 2 и рис. 3.



Рисунок 2 – Расписание перевозки грузов помашинными отправлениями от двух постов погрузки

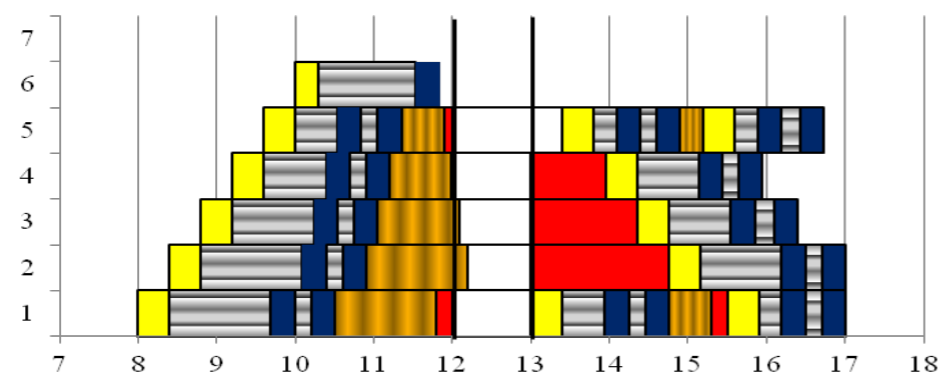


Рисунок 3 – Расписание перевозки грузов мелкими отправлениями в развозочной АТСПГ с центральным пунктом погрузки [10]

Технико-эксплуатационные показатели функционирования автомобилей при применении различных технологий перевозки и затраты на перевозку груза, при условии применения арендованных автомобилей, рассчитанные на основе данных сайта транспортных компаний города Омска ООО «Деловые Линии», <https://omsk.dellin.ru/ftl/rental-trucks/> (дата обращения: 23.10.2022 г.), приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Результаты проектирования перевозки грузов помашинными отправлениями

Номер автомобиля	Номера ветвей, включенных в плановое задание автомобиля	Автомобиле-часы, ч	Время простоя, ч	Общий пробег, км	Выработка, т	Выработка, т-км	Затраты на перевозку груза, руб
1	25, 24, 5, 1	8,50	0,30	145	24	456	5950,00
2	23, 22, 2	7,90	0,86	131	18	414	5530,00
3	21, 20, 3	7,30	0,74	119	18	378	5110,00
4	19, 15, 4	6,20	0,10	95	18	306	4340,00
5	18, 10, 6	5,86	0,30	89	18	306	4102,00
6	17, 16	4,80	0,60	75	12	300	3360,00
7	14, 13	4,47	0,90	57	12	228	3129,00
8	12, 11	4,68	1,20	57	12	228	3276,00
9	9, 8, 7	5,30	0,00	65	18	234	3710,00
Итого		55,01	5,00	833	150	2850	38507,00

Таблица 2 – Результаты проектирования перевозки грузов мелкими отправлениями в развозочной АТСПГ с центральным пунктом погрузки

Номер автомобиля	Номера ветвей, включенных в плановое задание автомобиля	Автомобиле-часы, ч	Время простоя, ч	Общий пробег, км	Выработка, т	Выработка, т-км	Затраты на перевозку груза, руб
1	12, 5, 1	8,00	0,42	117	36	528	5600,23
2	11, 10	7,79	1,75	122	24	492	5454,17
3	9, 8	6,69	1,36	105	24	492	4681,83
4	7, 6	5,74	0,95	86	24	420	4019,17
5	4, 2, 3	5,73	0,11	76	36	420	4011,00
6	13	1,84	0,00	62	6	342	1288,00
Итого		35,79	4,58	568	150	2694	25054,40

Данные для анализа расчетных плановых значений технико-эксплуатационных показателей работы автомобилей и затрат на перевозку представлены в таблице 3



Таблица 3 – Техничко-эксплуатационные показатели и затраты на перевозку груза с применением различных технологий

Наименование показателя	Авто-мобиле-часы работы, ч	Время простоя, ч	Общий пробег, км	Выра-ботка, т	Выра-ботка, т·км	Затраты на перевозку груза, руб
Технология перевозки грузов помашинными отправлениями	55,01	5,00	833	150	2850	38507,00
Технология перевозки грузов мелкими отправлениями	35,79	4,58	568	150	2694	25054,40
Абсолютное отклонение, ед.	19,22	0,42	265	0,00	156	13452,60
Относительное отклонение, %	65,07	91,54	68,19	100	94,53	65,06

Из данных представленных в таблице 3 можно заключить, что применение технологии перевозки грузов мелкими отправлениями в данных условиях позволяет выполнить перевозку груза 25 клиентам в городе меньшим количеством автомобилей, с меньшими значениями технико-эксплуатационных показателей и затрат.

#### Выводы

Полученные результаты позволяют утверждать, что в рамках рассматриваемого примера применение различных технологий перевозки грузов позволяет достичь различных значений технико-эксплуатационных показателей, что, соответственно, потребует различных затрат. Можно утверждать о необходимости дальнейших исследований в направлении обоснования применения технологий перевозки грузов в городах.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Миротин, Л. Б., Лебедев, Е. А., Рыжков А. А., Булатников, Е. В.** Оптимизация транспортных затрат в логистике бизнеса // Мир транспорта. – 2015. – № 3. – С. 84–89. [электронный ресурс] Режим доступа: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_20296882\\_86559274.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_20296882_86559274.pdf)
- 2 **Витвицкий, Е. Е., Юрьева, Н. И.** Обоснование технологии перевозок автомобилями ограниченных отправок угля в городе // Научный рецензируемый журнал «Вестник СибАДИ». – 2022. – Т. 19. – № 3. – С. 358–369. [электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://vestnik.sibadi.org/jour/article/view/1465/766>
- 3 **Gayialis, Sotiris P., Grigorios D. Konstantakopoulos, Ilias P. Tatsiopoulos.** «Vehicle Routing Problem for Urban Freight Transportation: A Review of the Recent Literature». Operational Research in the Digital Era–ICT Challenges. – Springer, Cham, 2019. – P. 89–104.
- 4 **Jesus, Gonzalez-Feliu, Christian, Ambrosini, Jean-Louis, Routhier.** New trends on urban goods movement : Modelling and simulation of e-commerce distribution. // European Transporto – 2012. – 50. – Paper № 6. – 23 p. [электронный ресурс]. – Available: <https://core.ac.uk/reader/6538614>.

5 **Тюрин, А. Ю.** Эвристические методы решения задач доставки мелкопартионных грузов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2007. – № 1 (59). – С. 51–55 [электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_9305568\\_77363717.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_9305568_77363717.pdf)

6 **Семенов, Ю. Н., Семенова, О. С.** Автоматизация построения маршрутов перевозок мелкопартионных грузов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2016. – № 1 (113). – С. 192–197. [электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_28963230\\_36774728.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_28963230_36774728.pdf)

7 **Галактионова, Е. С., Корытова, Т. В., Авадэни, Ю. И., Граматчикова, В. Е.** Управление автотранспортными предприятиями с применением теории расписания и генетических алгоритмов/ Е. С. Галактионова // Азимут научных исследований : экономика и управление. – 2021. – Т. 10. – №. 2 (35). – С. 145–148. [электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_46336589\\_16278359.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_46336589_16278359.pdf)

8 **Федосеев, Е. С.** Технология перевозок грузов в средних автотранспортных системах //Фундаментальные и прикладные науки -основа современной инновационной системы. – 2015. – С. 101–105. [электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_23666470\\_41408212.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_23666470_41408212.pdf)

9 **Шаповал, Д. В., Витвицкий, Е. Е.** Проверка методики маршрутизации в развозочно-сборных автотранспортных системах с центральными грузовыми пунктами //Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2012. – № 1 (23). – С. 23–27.

10 **Витвицкий, Е. Е.** Теория транспортных процессов и систем (Грузовые автомобильные перевозки). – Омск : СибАДИ, 2014. – Т. 216.

#### REFERENCES

- 1 **Mirotin, L. B., Lebedev, E. A., Ryzhkov, A. A., Bulatnikov E. V.** Optimizaciya transportnyh zatrat v logistike biznesa [Cost optimization in business logistics] // World of Transport. – 2015. – № 3. – P. 84–89. [electronic resource]. – [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_20296882\\_86559274.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_20296882_86559274.pdf)
- 2 **Vitvicky, E. E., Yurieva, N. I.** Obosnovanie tekhnologii perevozok avtomobilyami ogranichennyh otpravok uglya v gorode [Substantiation of the technology of transportation by cars of limited shipments of coal in the city] // «Nauchnyj recenziruemyj zhurnal Vestnik SibADI». – 2022. – Т. 19. – № 3. – P. 358–369. Access mode : <https://vestnik.sibadi.org/jour/article/view/1465/766>
- 3 **Gayialis, Sotiris P., Grigorios D. Konstantakopoulos, Ilias P. Tatsiopoulos.** «Vehicle Routing Problem for Urban Freight Transportation : A Review of the Recent Literature.» Operational Research in the Digital Era–ICT Challenges. – Springer, Cham, 2019. – P. 89–104.
- 4 **Jesus Gonzalez-Feliu, Christian Ambrosini, Jean-Louis Routhier.** New trends on urban goods movement : Modelling and simulation of e-commerce distribution.

European Transport. – 2012. – 50. – Paper № 6. – 23 p. Access mode : <https://core.ac.uk/reader/6538614>

5 **Tyurin, A. Yu.** Evristicheskie metody resheniya zadach dostavki melkopartionnyh gruzov [Heuristic methods for solving problems of small-lot cargo delivery] // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2007. – № 1 (59). P. 51–55. Access mode : [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_9305568\\_77363717.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_9305568_77363717.pdf)

6 **Semenov, Yu. N., Semenova, O. S.** Avtomatizaciya postroeniya marshrutov perevozok melkopartionnyh gruzov [Automation of the construction of routes for the transportation of small-lot cargo] // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2016. – № 1 (113). – P. 192–197. Access mode : [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_28963230\\_36774728.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_28963230_36774728.pdf).

7 **Galaktionova, E. S., Korytova, T. V., Avadeni, Yu. I., Gramatchikova, V. E.** Upravlenie avtotransportnymi predpriyatiyami s primeneniem teorii raspisaniya i geneticheskikh algoritmov [Management of motor transport enterprises with the use of scheduling theory and genetic algorithms] / E. S. Galaktionova, // Azimut nauchnyh issledovaniy: ekonomika i upravlenie. – 2021. – T. 10. – № 2 (35). – P. 145–148. Access mode : [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_46336589\\_16278359.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_46336589_16278359.pdf).

8 **Fedoseenkova, E. S.** Tekhnologiya perevozok gruzov v srednih avtotransportnyh sistemah [Technology of transportation of goods in medium-sized road transport systems] // Fundamental'nye i prikladnye nauki – osnova sovremennoj innovacionnoj sistemy. – 2015. – P. 101–105. Access mode : [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_23666470\\_41408212.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_23666470_41408212.pdf).

9 **SHapoval, D. V., Vitvickij, E. E.** Proverka metodiki marshrutizacii v razvozochno-sbornykh avtotransportnyh sistemah s central'nymi gruzovymi punktami [Verification of the routing methodology in the delivery and prefabricated motor transport systems with central cargo points] // Vestnik Sibirskoj gosudarstvennoj avtomobil'no-dorozhnoj akademii. – 2012. – № 1 (23). – P. 23–27.

10 **Vitvickij, E. E.** Teoriya transportnyh processov i sistem (Gruzovye avtomobil'nye perevozki) [Theory of transport processes and systems (cargo transportation)]. – Omsk : SibADI. – 2014. – T. 216.

Материал поступил в редакцию 16.09.22

**Е. Е. Витвицкий<sup>1</sup>, \*Е. С. Галактионова<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>Сібір мемлекеттік автомобиль-жол университеті жоғары кәсіптік білім берудің федералды мемлекеттік бюджеттік білім беру мекемесі, Ресей Федерациясы, Омбы қ.  
Материал баспаға түсті 16.09.22

### ҚАЛАЛЫҚ ЖАҒДАЙЛАРДА ЖҮКТЕРДІ ТАСЫМАЛДАУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ТАҢДАУ ДӘЛЕЛДЕМЕСІ

*Қазіргі таңда кез-келген салада байқалатын күшті бәсекелестік жағдайында шығындарды азайту мәселесі ерекше болып табылады. Бұл мәселені шешудің ықтимал бағыты көлік шығындарын, оның ішінде қолданылатын тасымалдау технологиясын негіздеу арқылы қысқарту болып табылады. Қазіргі таңда автокөлік кәсіпорындары тапсырыстардың орындалуын ұйымдастыру және жоспарлау функциясын іс жүзінде алып тастағандықтан және негізінен көлік құралдарын жалға берумен шектелгендіктен, орынды таңдалған жүк тасымалдау технологиясы уақыт шығындарын едәуір қысқартуға және сол арқылы көлік құралдарын жалға алу құнын айтарлықтай төмендетуге мүмкіндік береді. Қазіргі ғылыми әдебиеттерде жүк автомобильдер тасымалдауының екі негізгі технологиясы бар, олар жоспарлау кезінде қолданылатын тәсілдер мен мәселелерді шешудің әдістерімен ерекшеленеді: жүктерді машиналық жөнелтілімдермен және ұсақ жөнелтілімдермен тасымалдау. Бұл зерттеу алынған нәтижелердің әртүрлі технологияларын қолдану кезіндегі айырмашылықты анықтауға бағытталған. Осы жұмыс шеңберінде қалалық пайдалану жағдайында жүктерді тасымалдаудың түрлі технологияларын қолдануды жоспарлауды алдын ала зерттеу орындалды. Алынған нәтижелерді салыстыру нәтижесінде осы бағытта одан әрі зерттеулер жүргізу қажеттілігі анықталды.*

*Кілтті сөздер: автокөлік жүйесі, жүктерді тасымалдау, шағын жөнелтілімдермен тасымалдау, жұмыс кестесі, автокөлік құралдары*

**Е. Е. Vitvitsky<sup>1</sup>, \*E. S. Galaktionova<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Siberian State Automobile and Road Engineering University (SIBADI)», Omsk  
Material received on 16.09.22.

### RATIONALE FOR THE CHOICE OF TECHNOLOGY FOR CARGO TRANSPORTATION IN URBAN CONDITIONS

*In the context of intense competition, which is currently observed in almost any area, the issue of cost reduction is especially acute. A possible way to resolve this issue is to reduce transportation costs, including by justifying the transportation technology used. Since at present, motor transport enterprises have practically removed the function of organizing and planning the fulfillment of orders, and are mainly limited to the transfer of vehicles for rent, a reasonably chosen freight transportation*

*technology will achieve a significant reduction in time costs and, thereby, significantly reduce the cost of renting vehicles. In modern scientific literature, there are two main technologies for road freight transportation, which differ in the approaches used in planning and methods for solving problems: transportation of goods by machine shipments and small shipments. This study is aimed at identifying differences in the results obtained using different technologies. Within the framework of this work, a preliminary study of planning the use of various technologies for organizing the transportation of goods in urban operating conditions was carried out. As a result of comparing the obtained results, the need for further research in this direction has been established.*

*Keywords: motor transport system, cargo transportation, small shipments, work schedule, vehicles.*

МРНТИ 73.43.71

<https://doi.org/10.48081/NJYB6897>
\*М. В. Ярославцев<sup>1</sup><sup>1</sup>Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

### **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СПОСОБОВ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА ПРИ ПРОДЛЕНИИ СУЩЕСТВУЮЩИХ ЛИНИЙ**

*Важной задачей развития городского электротранспорта является сокращение затрат на строительство инфраструктуры. Значительное снижение стоимости продления линий в существующих системах городского электротранспорта может быть достигнуто путем отказа от строительства новых тяговых подстанций в случае наличия резерва по мощности системы тягового электроснабжения на действующих участках.*

*В этом случае возникают секции тяговой сети повышенной протяженности, имеющие одностороннее питание. В работе выполнено сравнение нескольких способов обеспечения их электроснабжения: прокладки усиливающих проводов, размещения стационарных накопителей энергии, обеспечивающих выравнивание уровня напряжения контактной сети и применения контактно-аккумуляторного подвижного состава в режиме автономного хода.*

*Выполнена оценка максимальной протяженности секций тяговой сети трамвая при известных размерах движения для каждого из вариантов. Лимитирующими величинами являются среднее и минимальное напряжения на токоприемниках движущихся по ней вагонов. Чтобы найти распределение напряжения на токоприемнике, методом тягового расчета получено распределение потребляемых вагоном токов. На основании статистических испытаний определены мгновенные падения напряжения в тяговой сети при различных состояниях находящихся на её секции вагонов.*

*По итогам расчета выполнено технико-экономическое сравнение вариантов, предложены области эффективного применения предлагаемых решений.*

*Ключевые слова: городской электрический транспорт, электроснабжение, тяговая сеть, контактный аккумулятор, подвижной состав*

#### **Введение**

Характерной для сегодняшнего дня задачей повышения качества обслуживания населения электрическим транспортом является продление ранее построенных линий в районы вновь формирующейся застройки. Если такие районы примыкают к существующей застройке, то в ряде случаев увеличение протяженности эксплуатируемого маршрута всего на 1–3 км позволяет существенно увеличить количество жителей в зоне пешей доступности линии.

Развитие городского электрического транспорта, обладающего такими преимуществами, как экологичность, высокая провозная способность, низкие эксплуатационные затраты, сдерживается высокой стоимостью строительства инфраструктуры. В этой ситуации приобретает большую важность поиск путей наиболее полного использования резервов ранее созданной инфраструктуры, в первую очередь в системе электроснабжения.

Как правило, система электроснабжения электрического транспорта имеет запас по мощности, поскольку текущая интенсивность движения является меньше проектной [1]. Создание методов передачи энергии на тягу от существующих линий на вновь строящиеся позволило бы отказаться от строительства дорогостоящих тяговых подстанций на вновь прокладываемых линиях по крайней мере на первоначальном этапе их эксплуатации, характеризующемся относительно низкой интенсивностью движения.

Можно предложить несколько способов повышения дальности передачи энергии без постройки дополнительных тяговых подстанций:

1 Продление существующих секций тяговой сети. В начальный период развития городского транспорта, при малой мощности тягового оборудования и низкой интенсивности движения, среднее расстояние между тяговыми подстанциями составляло 5–6 км. К 1970-м гг., по мере внедрения и роста пассажиропотоков возникла потребность в сокращении расстояния между тяговыми подстанциями до 1–2 км [2]. Увеличение протяженности секций тяговой сети приведет к значительному падению напряжения на токоприемнике электроподвижного состава (ЭПС) во время его пуска и может быть принято без дополнительных мероприятий только при малой протяженности продлеваемой линии и крайне низкой интенсивности движения.

2 Продление секций тяговой сети с прокладкой усиливающих проводов. Увеличение суммарного сечения проводников в контактной сети является традиционным подходом, широко применяемым на железных дорогах [3]. Прокладка усиливающих проводов общим сечением до 200 мм<sup>2</sup> на опорах контактной сети позволит сократить её сопротивление в 2–4 раза. Однако этот метод, как и предыдущий, не перераспределяет пиковый потребляемый ток во времени либо пространстве. Следует также учитывать, что контактная сеть не является единственным элементом, на котором происходит потери напряжения при передаче энергии. Часть потерь относится к рельсовой сети, фидерным кабелям и внутреннему сопротивлению выпрямительных агрегатов подстанций.

3 Продление секций тяговой сети с установкой стационарных накопителей энергии. Как известно [1], поездные токи на городском транспорте обладают высокой неравномерностью. Значительную долю времени занимает движение в режимах выбега и торможения, а также посадка пассажиров на остановках. В это время система электроснабжения обладает резервом мощности, который можно использовать для передачи энергии на стационарный аккумуляторный либо конденсаторный накопитель, расположенный на удалении от тяговой подстанции. В моменты пикового потребления энергии при пуске тягового электропривода

накопитель будет способен отдавать энергию, поддерживая необходимый уровень напряжения на токоприемнике.

4 Применение контактно-аккумуляторного подвижного состава. В настоящее время этот способ широко используется на троллейбусе и несколько реже на трамвае. Он обеспечивает автономный ход на участках протяженностью до 30% от общей длины маршрута. Преимуществом метода является перераспределение зарядного тока на большое число подстанций, в зоне которых проходит маршрут.

Главным недостатком является необходимость оборудования подвижного состава накопительными устройствами (обычно литий-железофосфатными или литий-титанатными батареями), имеющими большую стоимость для обеспечения отдачи высокой мощности. Высокий вес накопителей также увеличивает затраты энергии на тягу, а большие их габариты сокращают вместимость. Кроме того, возникает необходимость специализации подвижного состава по обслуживаемым маршрутам.

#### **Материалы и методы**

Основным требованием к тяговым источникам энергии является поддержание уровня напряжения на токоприемнике (клеммах тяговой батареи) не ниже заданного уровня. Согласно требованиям к уровню напряжения, заданным в [4, 5], необходимо обеспечить среднее падение напряжения на токоприемнике не превышающее 90 В, а минимальное мгновенное значение напряжение должно составлять не менее 400 В, что соответствует падению напряжения в сети на 200 В.

Автором выполнено сравнение предложенных решений для случая продления линии трамвая, на которой эксплуатируются наиболее распространенные до настоящего времени вагоны модели 71–605. Для расчета токовых нагрузок и потерь напряжения сети применен статистический подход. Приблизительно принято, что тяговый ток вагона не зависит от напряжения на токоприемнике, т. к. в большей части рабочих режимов он определяется уставкой реле ускорения.

С использованием имитационной модели [6] выполнен тягово-энергетический расчет движения вагона по типовому участку маршрута. В результате получены кривые тягового тока, показанные на рисунке 1 в сравнении с зависимостью скорости движения от времени. При расчете принято, что для всех участков маршрута характерны близкие режимы движения, с типичным для условий городской застройки расстоянием между остановочными пунктами 350 м. и расстоянием между регулируемыми пересечениями улиц 1 км.

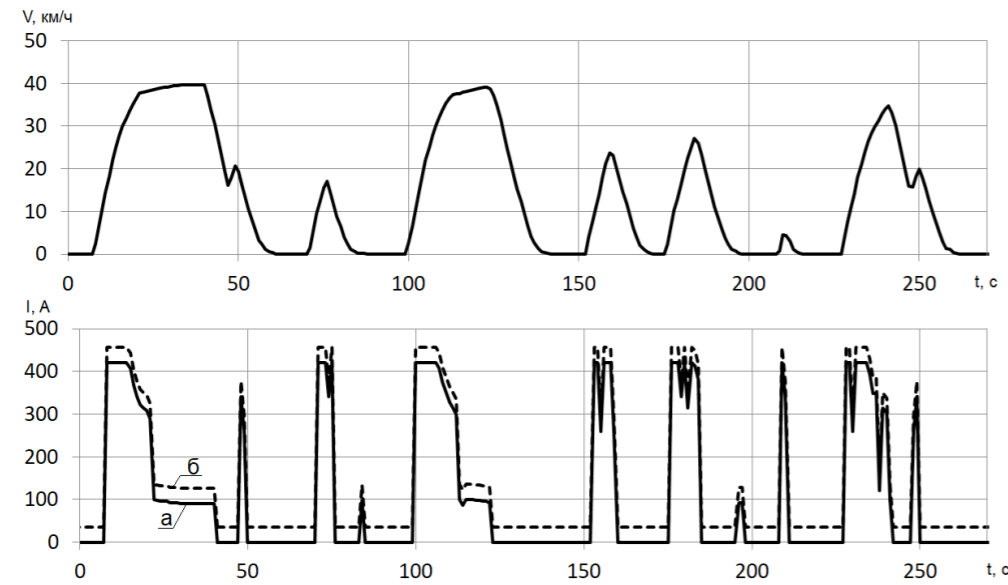


Рисунок 1 – Графики скорости движения вагона и потребляемого им тока в летних (а) и зимних (б) условиях

Расчетом получены графики тока в летних и зимних условиях, различающиеся главным образом потреблением собственных нужд на отопление. Принято, что в зимних условиях мощность постоянно включенных отопительных приборов вагона составляет 20 кВт. Для дальнейшего расчета приняты результаты для зимних условий, поскольку в них нагрузка на систему электроснабжения выше.

На основе расчетных данных получено распределение тягового тока по времени (рисунок 2). Далее предполагается, что, поскольку расстояние между вагонами на исследуемом участке достаточно велико, режимы их движения не связаны и величины тяговых токов  $I_i(t)$  можно считать независимыми.

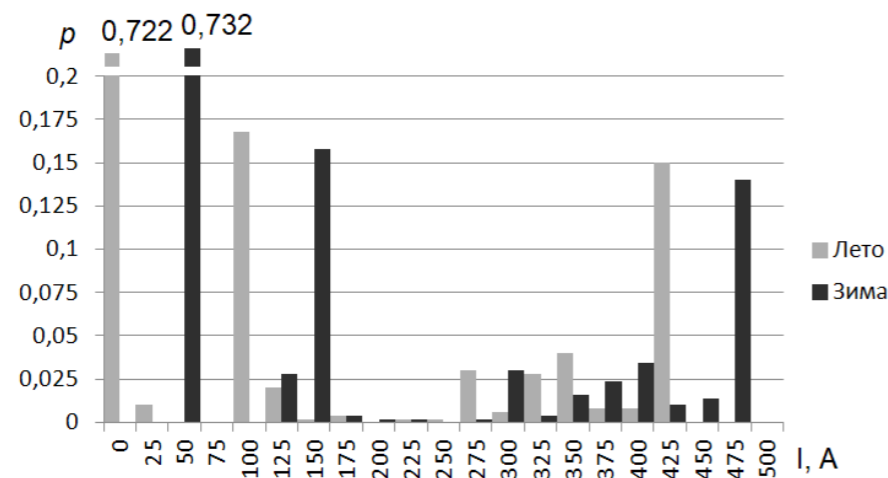


Рисунок 2 – гистограмма распределения тока, потребляемого трамвайным вагоном

В условиях поставленной задачи продления существующей линии исследуемая секция будет иметь одностороннее питание. В этом случае падение напряжения в тяговой сети определяется суммой токов, умноженных на её удельное сопротивление. Считая расписание движения равномерным, можно считать, что координаты находящихся на секции вагонов имеют равномерное распределение [7]. Падение напряжения на токоприемнике n-го, считая от точки подключения питающего фидера, вагона составит (1):

$$U_n(t) = \sum_{k=1}^n \left( \rho(l_k - l_{k-1}) \sum_{m=1}^k I_m \right), \quad (1)$$

где  $\rho$  – удельное сопротивление тяговой сети, Ом/км,  
 $l_k$  – положение k вагона относительно точки подключения питающего секцию фидера  $l_0 = 0$ ,  
 $I_m$  – ток, потребляемый вагоном m.

Для способа 1 в случае использования провода МФ-85 и параллельного питания двухпутной линии удельное сопротивление сети составляет 0,117 Ом/км. К этой величине необходимо добавить сопротивление рельсов, составляющее для двойного пути из рельсов Р-65 около 0,01 Ом/км.

В случае применения усиливающих проводов 2xМ-100 (способ 2) удельное сопротивление контактной сети составит 0,049 Ом/км [8].

Чтобы упростить расчет выражений, содержащих большое количество случайных величин, и обеспечить возможность моделирования действия накопительных устройств, для получения распределения напряжений был выбран метод статистических испытаний. При расчете величины потребляемых токов для каждого вагона выбирались по гистограмме случайным образом.

Для способа 3 (установка стационарного накопителя энергии) необходимо несколько изменить методику расчета. Принято, что накопитель расположен в конечной точке секции. Накопитель сможет принять наибольшее и отдать наименьшее количество энергии, обеспечивая при этом требования по уровню напряжения в сети, в случае поддержания постоянным падения напряжения от тяговой подстанции до точки подключения накопителя на уровне 90 В.

Тогда ток заряда накопителя определяется выражением (2):

$$I = \frac{\Delta U}{R} = \frac{\Delta U_{НЭ} - U_n}{\rho(L - l_n)}, \quad (2)$$

где  $U_n$  – напряжение на токоприемнике наиболее удаленного от подстанции вагона,

$\Delta U_{НЭ}$  – напряжение на накопителе энергии,

$L$  – длина секции тяговой сети,

$l_n$  – расстояние до наиболее удаленного от подстанции вагона.

Полученное значение ограничивается мощностью накопителя. При расчете принято, что накопитель способен поддерживать одновременный пуск не более чем двух вагонов, и его допустимый ток ограничен величиной 1000 А. Как следует из распределения на рисунке 2, вероятность нахождения вагона в режиме тяги

составляет 26,8 %, и вероятность одновременного потребления пускового тока большим количеством вагонов мала.

В режиме отдачи энергии накопителем напряжения на токоприемниках необходимо рассчитывать для ситуации двустороннего питания. При этом принцип расчета [7] сохраняется, однако поездные токи делятся между источниками энергии – тяговой подстанцией и накопителем – обратно пропорционально расстоянию.

Накопитель будет способен поддерживать требуемый уровень напряжения, если полученная им энергия будет превышать отданную с поправкой на КПД, принятый на уровне 70 %. Выполнение этого условия ограничивает возможную длину секции, усиленной накопителем энергии.

Для способа 4 контактная сеть не требуется, поэтому он не имеет ограничений по системе электроснабжения.

**Результаты и обсуждение**

По описанной выше методике были получены распределения напряжений на токоприемнике для различного количества вагонов, одновременно находящихся на секции тяговой сети. Расчет производился для протяженности продлеваемой линии от 1 до 10 км. Для каждого набора исходных данных (способ энергоснабжения, количество вагонов, протяженность секции) было выполнено по 10 серий, состоящих из 1000 статистических экспериментов. При этом среднеквадратичное отклонение результатов составило менее 1% от их среднего значения. Таким образом, погрешность, вызванная генерацией случайных чисел, не оказывает существенного влияния на точность полученных результатов.

Полученные результаты представлены в таблице 1. На рисунке 3 показаны рекомендуемые области применения решений в зависимости от длины секции и расчетной интенсивности движения.

Таблица 1 – Допустимое количество вагонов на секции тяговой сети при различных способах повышения её протяженности

Протяженность секции, м	1000	1500	2000	3000	4000	5000	7000	10 000
Допустимое количество вагонов, ед.								
Без усиливающих проводов, без накопителя	13	7	4	2	1	0	0	0
Без усиливающих проводов, со стационарным накопителем	19	14	11	7	4	1	0	0
С усиливающими проводами, без накопителя	>25	25	17	9	6	4	2	0
С усиливающими проводами, со стационарным накопителем	>25	>25	23	17	15	11	7	4

Как показали результаты расчета, предложенные мероприятия позволяют в несколько раз повысить интенсивность движения на секциях тяговой сети увеличенной протяженности, доведя их длину до 5–7 км. При этом возможно сохранить привлекательный для пассажиров интервал движения в пределах 10–15 минут.

Следует отметить, что применение стационарных накопителей энергии технически и экономически целесообразно совместно с прокладкой усиливающих линий.

Полученное решение может быть оптимизировано путем смещения накопителя с конечной точки секции в сторону тяговой подстанции. Также представляет интерес вопрос о влиянии напряжения холостого хода подстанции и разности напряжений подстанции и накопителя на потери энергии в системе. Наиболее точный результат может быть получен с использованием имитационных моделей, обеспечивающих решение задачи о распределении токов на секции тяговой сети с учетом влияния уровня напряжения на токоприемнике на тяговые характеристики ЭПС [9, 10].

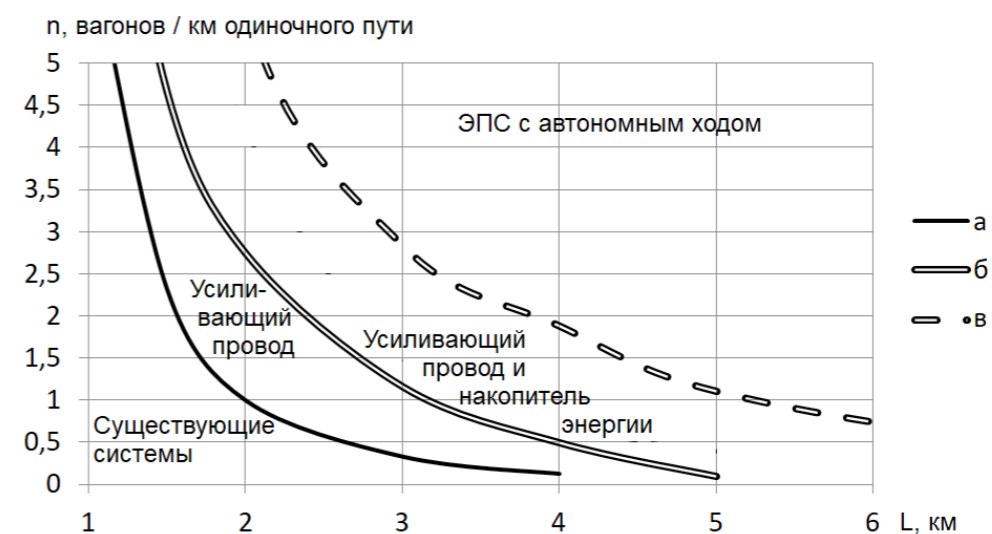


Рисунок 3 – рекомендуемые области применения технических решений в зависимости от длины секции и интенсивности движения.

На рисунке обозначена предельная интенсивность движения:  
 а – без усиливающих проводов и накопителей энергии,  
 б – с усиливающими проводами,  
 в – с усиливающими проводами и стационарными накопителями.

При реализации необходимо учитывать, что увеличение длины секций приводит к снижению надежности системы. Для обеспечения возможности вывода части вагонов при повреждениях единственного нерезервируемого её элемента – контактной сети – можно предложить её секционирование с установкой

дистанционно управляемых секционных разъединителей. Также необходимо предусмотреть доработку защиты тяговой сети для исключения возможности питания точки короткого замыкания от накопителя при срабатывании защиты на тяговой подстанции.

При необходимости обеспечения интенсивности движения, превышающей ограничения предложенных методов, возможны варианты строительства тяговой подстанции либо эксплуатации подвижного состава с бортовыми накопителями.

#### Выводы

В работе рассмотрены способы обеспечения электроснабжения подвижного состава городского электрического транспорта для случаев продления существующих линий без строительства новых тяговых подстанций. Особенностью ситуации является возникновение секций контактной сети повышенной протяженности с односторонним питанием. Для решения проблемы предложено применение усиливающих тросов, снижающих сопротивление тяговой сети, установка стационарных накопителей энергии либо применение подвижного состава с возможностью автономного хода.

Для предложенных способов определены границы применения по условиям нагрузки на тяговую сеть при помощи статистического эксперимента. Показано, что по мере увеличения протяженности секции тяговой сети и интенсивности движения, экономически целесообразна прокладка контактной сети с усиливающими проводами общим сечением до 200 мм<sup>2</sup>, при их недостаточности – установка стационарного накопителя энергии.

Для линии трамвая эти решения позволят обеспечить интервал движения до 10 минут при нахождении 7 вагонов на участке протяженностью 7 км. Дальнейшее продление участков и повышение частоты движения требуют строительство тяговых подстанций либо применение подвижного состава с возможностью автономного хода.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Сопов, В. И., Щуров, Н. И.** Электрические нагрузки систем тягового электроснабжения : монография [Текст]. – Новосибирск : изд-во НГТУ, 2017. – 170 с.
- 2 **Шевченко, В. В., Арзамасцев, Н. В., Бодрухина, Н. С.** Электроснабжение наземного городского транспорта [Текст]. М. : Транспорт, 1987. – 271 с.
- 3 **Марквардт, К. Г.** Электроснабжение электрифицированных железных дорог [Текст]. – М. : Транспорт, 1982. – 524 с.
- 4 ГОСТ 23366-78 Ряды номинальных напряжений постоянного и переменного тока [Текст]. – М. : Комитет стандартизации и метрологии, 1978. – 7 с.
- 5 СНиП 2.05.09-90 Трамвайные и троллейбусные линии [Текст]. – М. : Государственный строительный комитет, 1990. – 40 с.

6 **Yaroslavtsev, M. V., Spiridonov, E. A.** Simulation Model of an Electric-Traction Network [Text] // Russian Electrical Engineering. – 2022. – Vol. 93. – Iss. 5. – P. 331–335. – EDN : KPFNJG. – DOI 10.3103/S1068371222050145

7 **Сопов, В. И., Щуров, Н. И.** Системы электроснабжения электрического транспорта на постоянном токе [Текст]. – Новосибирск : изд-во НГТУ, 2013. – 727 с.

8 **Кузнецов, С. М.** Защита тяговой сети от токов короткого замыкания [Текст]. – Новосибирск : изд-во НГТУ, 2018. – 312 с.

9 **Spiridonov, E. A., Yaroslavtsev, M. V.** Evaluation of energy recuperation efficiency for operating conditions of city electric transport [Text]. // Proceedings of IFOST-2016. 11th International Forum on Strategic Technology. – 2016. P. 61–64. – EDN: WMYFSX. – DOI: 10.1109/IFOST.2016.7884334

10 **Diab, I., Saffirio, A., Mouli, G. R. C., Tomar, A. S., Bauer, P.** A Complete DC Trolleybus Grid Model With Bilateral Connections, Feeder Cables, and Bus Auxiliaries [Text]. // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. – 2022. – Vol. 23 (10). – P. 19030–19041. – DOI: 10.1109/TITS.2022.3157080

#### REFERENCES

- 1 **Sopov, V. I., Shhurov, N. I.** E`lektricheskie nagruzki sistem tyagovogo e`lektrosnabzheniya [Electric loads of traction energy supply systems] : monograph [Text]. – Novosibirsk : NSTU publ., 2017. – 170 p.
- 2 **Shevchenko, V. V., Arzamascev N. V., Bodruxina, N. S.** E`lektrosnabzhenie nazemnogo gorodskogo transporta [Energy supply of city electric transit] [Text]. – Moscow : Transport, 1987. – 271 p.
- 3 **Markvardt, K. G.** E`lektrosnabzhenie e`lektrificirovanny`x zhelezny`x dorog [Energy supply of electrified railways] [Text]. – Moscow : Transport, 1982. – 524 p.
- 4 СНиП 2.05.09-90 Трамвайны`е i trollejbusny`е linii [Tramway and trolleybus lines] [Text]. – Moscow : State construction committee, 1990. – 40 p.
- 5 GOST 23366-78 Ryady` nominalny`x napryazhenij postoyannogo i peremennogo toka [Series of nominal DC and AC voltages] [Text]. – Moscow : standardization and metrology committee, 1978. – 7 p.
- 6 **Yaroslavtsev, M. V., Spiridonov, E. A.** Simulation Model of an Electric-Traction Network [Text]. In Russian Electrical Engineering. – 2022. – Vol. 93. – Iss. 5. – P. 331–335. – EDN: KPFNJG. – DOI 10.3103/S1068371222050145
- 7 **Sopov, V. I., Shhurov, N. I.** Sistemy` e`lektrosnabzheniya e`lektricheskogo transporta na postoyannom toke [Text]. – Novosibirsk : NSTU publ., 2013. – 727 p.
8. **Kuznetsov, S. M.** Zashhita tyagovoj seti ot tokov korotkogo zamy`kaniya [Protection of traction networks form short circuit currents] [Text]. – Novosibirsk : NSTU publ., 2018. – 312 p.
9. **Spiridonov, E. A., Yaroslavtsev, M. V.** Evaluation of energy recuperation efficiency for operating conditions of city electric transport [Text]. In Proceedings of

IFOST-2016. 11th International Forum on Strategic Technology. – 2016. – P. 61–64. – EDN: WMYFSX. – DOI: 10.1109/IFOST.2016.7884334.

10 Diab, I., Saffirio A., Mouli, G. R. C., Tomar, A. S., Bauer, P. A Complete DC Trolleybus Grid Model With Bilateral Connections, Feeder Cables, and Bus Auxiliaries [Text]. In IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. – 2022. – Vol. 23 (10). – P. 19030–19041. – DOI: 10.1109/TITS.2022.3157080.

Материал поступил в редакцию 16.09.22

**\*М. В. Ярославцев**

Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

Материал баспаға түсті 16.09.22.

### ҚОЛДАНЫЛҒАН ЖЕЛІЛЕРДІ КЕҢЕЙТУ КЕЗІНДЕГІ ҚАЛАЛЫҚ ЭЛЕКТР КӨЛІГІН ЭНЕРГИЯМЕН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУДІҢ ӘДІСТЕРІН САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ

Қалалық электр көлігін дамытудың маңызды міндеті инфрақұрылым құрылысының құнын төмендету болып табылады. Қолданыстағы қалалық электр көлігі жүйелеріндегі желілерді ұзарту құнының айтарлықтай төмендеуіне, егер қолданыстағы учаскелердегі тартқыш электрмен жабдықтау жүйесінің қуатына резерв болған жағдайда жаңа тартқыш қосалқы станцияларды салудан бас тарту арқылы қол жеткізуге болады.

Бұл жағдайда ұзындықты ұлғайтылған, бір жақты қоректендіруге ие тартқыш желінің учаскелері бар. Жұмыста оларды электрмен жабдықтауды қамтамасыз етудің бірнеше тәсілдері салыстырылады: арматуралық кабельдерді төсеу, контактілі желінің кернеудеңгейін теңестіруді қамтамасыз ететін стационарлық энергия сақтау құрылғыларын орналастыру және автономды жұмыс режимінде контактілі-аккумуляторлы жьылжымалы құрамды пайдалану.

Трамвайдың тарту желісі учаскелерінің максималды ұзындығын бағалау әрбір нұсқа үшін белгілі қозғалыс өлшемдері үшін жасалады. Шектеу мәндері оның бойымен қозғалатын автомобильдердің ток коллекторларындағы орташа және минималды кернеулер болып табылады. Ток коллекторындағы кернеудің таралуын табу үшін тартқышты есептеу әдісімен автомобиль тұтынатын токтардың таралуы алынды. Статистикалық сынақтардың негізінде оның учаскесінде орналасқан вагондардың әртүрлі жағдайларында тартқыш желідегі кернеудің лездік төмендеуі анықталды.

Есептеу нәтижелері бойынша нұсқалардың техникалық-экономикалық салыстыруы жасалып, ұсынылған шешімдерді тиімді қолдану бағыттары ұсынылды.

Кілтті сөздер: қалалық электр көлігі, электрмен жабдықтау, тарту желісі, контактілі аккумулятор, жьылжымалы құрам.

**\*M. V. Yaroslavtsev**

Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar

Material received on 16.09.22

### THE COMPARISON OF ENERGY SUPPLY METHODS FOR CITY ELECTRIC TRANSIT WHILE EXTENDING EXISTING ROUTES

An important task of city electric transit development is the reduction of initial investments in its infrastructure. The significant reduction of route extension investments can be achieved by refusal of creating new traction substations if existing ones are having power reserves.

In this case the traction network sections of increased length appear. In the paper a comparison of several methods ensuring their energy supply are considered: installation of additional cables, placing stationary energy storage devices to flatten the voltage levels in the network and application of contact-battery rolling stock able to autonomous motion.

The maximal length of described traction network sections is estimated for each of proposed solutions. It is being limited by average and instant minimal voltage levels measured at pantographs of vehicles on the section. To find the voltage distribution at pantograph the distribution of traction currents was obtained first by traction calculation. Using the Monte-Carlo approach the instant voltage drops in the traction network were found for different states of the vehicles at the considered section.

A technical and economical comparison of proposed solutions is performed, the most suitable fields of application for each solution are shown.

Keywords: city electric transit, energy supply, traction network, contact battery, vehicle.



МРНТИ 67.09.91

<https://doi.org/10.48081/DNGD6225>**\*П. П. Шеповалов<sup>1</sup>, О. Штыка<sup>2</sup>, М. А. Елубай<sup>3</sup>**<sup>1,2</sup>ТОО «Компания Нефтехим LTD», Республика Казахстан, г. Павлодар<sup>3</sup>НАО «Торайгыров университет», Республика Казахстан, г. Павлодар**ПРИМЕНЕНИЕ ТЯЖЕЛОУТИЛИЗИРУЕМЫХ ОТХОДОВ ВО ВРЕМЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

*В данной работе за основу взята идея, в основе которой лежит производство строительных материалов из тяжелоутилизируемых отходов. Вопрос о вторичном использовании данного вида сырья актуален в 21 веке. Особое значение в настоящее время приобретает рациональное использование природных ресурсов. Решением этой актуальной экономической проблемы является разработка эффективных, безотходных технологий за счет комплексного использования сырья, что в то же время ведет к решению экологической проблемы, связанной с утилизацией отходов. Решение проблемы ресурсосбережения в строительстве возможно при комплексном использовании технических, организационных и экономических факторов и при ускорении научно-технического прогресса. Важнейшим резервом ресурсосбережения в строительстве является широкое использование вторичного сырья, представляющего собой отходы производства и потребления. Количество промышленных отходов растет быстрее, чем общественное производство, и имеет тенденцию опережать рост.*

*В статье рассмотрено использование вторичной переработки отходов, образующихся при переработке битумных строительных материалов, таких как дорожные или кровельные материалы.*

*Целью моей работы является литературный обзор использования переработанных отходов для достижения как экономической, так и экологической выгоды.*

*Задачами моей работы является анализ переработанных отходов, а также рассмотрение готового продукта и спектра возможных применений.*

*Ключевые слова: применение переработанного отхода, кровельные материалы, строительный материалы, битум, вторичная переработка.*

**Введение**

Многообразие конструктивных видов зданий и сооружений, крупная материалоемкость строительного производства обуславливают основные требования к источникам сырья относительно его предполагаемого количества,

высокой технологичности и степени соответствия для производства строительных материалов.

Основным из немногочисленных способов удовлетворения потребностей и требований строительной отрасли по видам и качеству материалов является переработка отходов производства металлургической, химической и энергетической промышленности, добываемой продукции и обогащение отходов переработки, минерального сырья, а также вторичных ресурсов [1].

**Материалы и методы**

В современном строительстве широко применяются битумы различных марок, представляющие собой надежный и практичный материал с ярко выраженными гидроизоляционными способностями. В зависимости от класса продукта область применения может различаться. Строительный битум маркируется как нефтяной битум [2]. Основная масса этих разработок характеризуется:

- а) небольшой дуктильностью и пенетрацией;
- б) высокой температурой размягчения (от 37 до 105 градусов Цельсия);
- в) повышенными показателями твердости.

В моей работе рассматриваются отходы из битума, а именно отходы кровельных материалов и дорожных полотен.

Битум – древнейший строительный материал, который был известен человеку еще в эпоху неолита. Тогда его использовали для изготовления посуды, изоляции редких видов дерева в строительстве, в качестве связующего в мозаиках из полудрагоценных камней и раковин.

Природный битум – товарный продукт. Чтобы сделать его таким, необходимы дополнительные технологические процессы. После этого материал становится подходящим для использования в разных сферах:

В строительстве. Ввиду нерастворимости в воде материал используется в гидроизоляционных работах. В отношении зданий и сооружений, трубопроводов, фундаментов.

В дорожных работах. Битум активно используется при изготовлении асфальтобетона.

В кровельных работах. Из битума производят мягкие кровельные материалы: рулонные и в виде черепицы. Примеры: рубемаст, гидростеклоизол, рубероид, мастика, пергамин, битумная бумага, стеклоэласт.

При использовании в строительстве битум проявляет несколько недостатков: низкую упругость, склонность к высыханию и высокую термочувствительность, которая проявляется в виде хрупкости при низкой и размягчении при высокой температуре. Чтобы устранить эти минусы, используют модифицированный битум, в который добавляют модификаторы, улучшающие свойства продукта.

Получить вторичный битум из кровельного материала несложно, так как для этого используется специальное технологическое оборудование. Основная проблема заключается в том, где применить полученный вторичный битум. В процессе эксплуатации кровельных материалов каждый год, а то и

месяцы строительный материал теряет свои свойства, что в итоге приводит к невозможности его использования [3].

До сих пор в Республике Казахстан сложилась практика складирования или захоронения битумных отходов, но никто не задумывается о серьезном ущербе для окружающей среды.

Сухой порошок, полученный при переработке битумных строительных отходов, можно использовать в качестве добавки к основному сырью, частично экономя на производстве строительных материалов, не ухудшая технологический процесс, а также качество выпускаемой продукции [4].

К основным продуктам будет относиться:

- а) дорожное полотно из вторичного сырья;
- б) рубероид;
- в) мастика;
- г) битумная эмульсия.

Существуют приспособления для снятия рубероидного ковра, измельчения, аппараты для разогрева отходов битумосодержащих кровельных материалов, машины для изготовления смесей, и т.п. Возможна разработка технологических линий по утилизации и дальнейшему использованию полученных битумных полуфабрикатов. Развитие кровельных мастик на основе вторичного битума обусловлено скоплением на кровлях зданий значительных масс старых, разрушенных, негерметичных кровельных ковров на битумной основе. Дальнейший «наслаивающий» ремонт становится недопустимым из-за низкой эффективности и достижения критической массы старого ковра. Поэтому необходимо демонтировать старое покрытие [5].

ООО «Олимп-Дизайн» (г. Калининград) подготовило специальные схемы технологического оборудования и соответствующую технологическую схему для кровельных материалов, содержащих битум. В основе этой технологии лежит механическая переработка строительных отходов. Технология предусматривает демонтаж старого многослойного покрытия из слоистых битумных материалов в ремонтируемых зданиях. Далее отходы (снятый старый рубероидный ковер) поставляется на производство по переработке. Работа по обработке включает [6]:

- а) подготовительные работы (складирование отходов, сортировка и подготовка к переработке);
- б) нарезка снятого кровельного ковра на куски;
- в) загрузка кусков в установку для размельчения с помощью ленточного конвейера;
- г) размельчение кусков;
- д) сортировка размельченного материала;
- е) выгрузка продуктов переработки.

Также были проведены переговоры с компанией «Нетмус», которая готова предоставить технические решения для сортировочных линий, также сообщили и стоимость, и предварительные характеристики.

Стоимость сортировочной линии составляет примерно 4 млн. рублей.

б) Оборудование для переработки крупногабаритных строительных отходов; Организация предлагает нам специальные шредеры (измельчители), которые способны произвести из тонны строительного мусора до 700 кг вторсырья, что является очень хорошим показателем.

Стоимость такого оборудования достигает 10 миллионов рублей.

В таблице 1 показана характеристика оборудования [7].

Таблица 1 – Характеристика оборудования для переработки [12]

Технические характеристики	Единицы измерения	
Производительность	т/ч	от 0,5 до 100
Установленная мощность	кВт	от 90 до 300
На входе:		
Остатки рубероида		
Битумные породы		
Асфальтные перекрытия		
На выходе		
Измельченные частицы (битумный порошок)		
Особые характеристики: повышенная чистота порошка, низкие затраты на техническое обслуживание, система сепарации от посторонних включений		

### Результаты и обсуждения

Вязущий порошок из кровельных отходов характеризуется относительно высокой термостойкостью, механической прочностью и деформируемостью, особенно при низких температурах. Все эти факторы значительно улучшают качество строительства. Проведенные лабораторные и производственные исследования подтвердили хорошие физико-механические свойства мастик и битумов на основе вяжущего порошка из рубероидных кровельных отходов. Эти показатели соответствуют требованиям действующих стандартов [7].

Назрела острая необходимость массовой термомодернизации совмещенных кровель зданий различного назначения в Беларуси, России, Казахстане и других странах СНГ. Для этого требуется большое количество доступных и недорогих теплоизоляционных и кровельных материалов. Чтобы минимизировать длительные сроки, как правило, кровельных работ, необходимы и нетрадиционные технологии строительства и реконструкции совмещенных крыш. Для решения этих непростых задач в Брестском государственном техническом университете был разработан рассматриваемый технологический регламент [8].

Добавление сухого порошка из битумных остатков не повлияет на ассортимент продукции, если добавка не превышает 25 % от общего количества основного сырья.

Использование вторичного сырья позволит сэкономить битум для производства стройматериалов, а тем самым мы решим проблему накопления отходов на специально подготовленных полигонах, а при меньшем расходе сырья получим аналогичную прибыль [9].

Окупаемость такого предприятия не заставит себя долго ждать, в связи с тем, что на данный момент в Республике Казахстан имеются достаточно большие

скопления таких отходов, а правильно подобранное технологическое оборудование позволит перерабатывать отходы с такой скоростью, что в будущем не будет таких больших залежей. Но покупка такого оборудования потребует от компании значительных вложений, а также обученного технологического персонала [10].

По мере переработки отходов, также необходимо провести анализ рынка сбыта вторичного сырья [11].

#### Выводы

Применение вторичного сырья в качестве замены небольшой части основного сырья - битума, приведёт к снижению расхода битума, при этом не пострадает и качество выпускаемой продукции, в том числе и показатели качества:

- а) невысокая пенетрация (степень проникновения иглы);
- б) невысокая дуктильность, она же растяжимость битумов;
- в) высокая температура размягчения;
- г) твердость готовой продукции.

Проведен обзор литературы по использованию вторичного сырья, образующегося при переработке строительных и кровельных отходов.

Налажен контакт с компанией ООО «Олимп-Дизайн» (Калининград), со своей стороны уже разработаны комплекты оборудования и технологическая карта по переработке отходов кровельных материалов, содержащих битум. Данная фирма готова сотрудничать с Республикой Казахстан на взаимовыгодных условиях.

Также получено коммерческое предложение на поставку сортировочной линии от компании «Нетмус», с техническими данными.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Фердман, В. М.** Комплексная технология утилизации нефтешламов и ликвидация нефтешламовых амбаров в промышленных условиях : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 03.00.16. – Уфа, 2002. – 24 с.
- 2 **Ягафарова, Г. Г., Насырова, Л. А., Шахова, Ф. А., Балакирева, С. В., Барахнина, В. Б., Сафаров, А. Х.** Инженерная экология в нефтегазовом комплексе : учебное пособие для студентов, аспирантов и научных сотрудников, изучающих экологию. – Уфа : Изд-во УГНТУ, 2007. – 334 с.
- 3 **Пичугин, Е. А.** Оценка объемов отходов бурения в Западной Сибири и подходы к их утилизации // Молодой ученый. – 2012. – №8. – С. 58–61.
- 4 **Ланина, Т. Д.** Комплексная утилизация нефтегазо-промышленных отходов для обеспечения экологической безопасности и дополнительного извлечения минерального сырья: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 25.00.16. - Ухта, 2009.-48 с.
- 5 **Юльtimiрова, И. А.** Проблемы утилизации нефтешламов // Налог. Инвестиции. Капитал. – 2004. – № 1.
- 6 **Ягафарова, Г. Г., Барахнина, В. Б., Сафаров, А. Х., Ильина, Е. Г., Ягафаров, И. Р.** Биоремедиация нефтезагрязненной почвы // Материалы секции Д III Конгресса Нефтепромышленников России «Нефтепереработка и нефтехимия: проблемы и перспективы». – Уфа, 2001. – С. 207–208.

7 Нетмус [Электронный ресурс] // Технологическое оборудование : [электронный ресурс]. URL: <https://netmus.ru> (Дата обращения 31.10.2022)

8 **Чалов, К. В.** Каталитический пиролиз нефтешламов: автореф. дис. ... канд. хим. наук: 05.17.04. - М., 2013. - 18 с.

9 **Гурылева, Н. Л.** Снижение техногенной нагрузки на окружающую природную среду путем переработки нефтешламов : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 03.02.08. – Иваново, 2013. – 16 с.

10 **Фетисов, Д. Д.** Утилизация нефтешламов и древесных опилок путём использования в производстве топливных брикетов : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 03.02.08. – Пенза, 2013. – 22 с.

11 **Косулина, Т. П., Кононенко, Е. А.** Повышение экологической безопасности продукта утилизации нефтяных шламов // Научный журнал КубГАУ. – 2012. – № 78.

12 **Ручкинова, О. И.** Разработка ресурсосберегающих технологий безопасной утилизации твердых отходов нефтедобычи : автореф. дне. ... докт. техн. наук : 03.00.16. – Пермь, 2004. – 34 с.

#### REFERENCES

- 1 **Ferdman, V. M.** Complex technology of oil sludge utilization and liquidation of oil sludge barns in field conditions : abstract. dis. ... Candidate of Technical Sciences: 03.00.16. – Ufa, 2002. – 24 p.
- 2 **Yagafarova, G. G., Nasyrova, L. A., Shakhova, F. A., Balakireva, S. V., Barakhnina, V. B., Safarov, A. H.** Engineering ecology in the oil and gas complex : a textbook for students, postgraduates and researchers studying ecology – Ufa : Publishing House of USNTU, 2007. – 334 p.
- 3 **Pichugin, E. A.** Estimation of drilling waste volumes in Western Siberia and approaches to their utilization // Young Scientist. – 2012. – № 8. – P. 58–61.
- 4 **Lanina, T. D.** Complex utilization of oil and gas industrial waste to ensure environmental safety and additional extraction of mineral raw materials : abstract. dis. ... doct. technical sciences : 25.00.16. – Ukhta, 2009. – 48 p.
- 5 **Yultimirova, I. A.** Problems of oil sludge utilization // Taxes. Investment. Capital. – 2004. – №1.
- 6 **Yagafarova, G. G., Barakhnina, V. B., Safarov, A. X., Ilyina, E. G., Yagafarov, I. R.** Bioremediation of oil-contaminated soil // Materials of section D of the III Congress of Oil Industrialists of Russia «Oil refining and petrochemistry: problems and prospects». – Ufa, 2001.– P. 207–208.
- 7 Netmus [Electronic resource] // Technological equipment : [electronic resource]. URL: <https://netmus.ru> (Accessed 31.10.2022)
- 8 **Chalov, K. V.** Catalytic pyrolysis of oil sludge : abstract. dis. ... Candidate of Chemical Sciences : 05.17.04. – Moscow, 2013. – 18 p.

9 **Guryleva, N. L.** Reduction of technogenic load on the environment by processing oil sludge: abstract of the dissertation of the Candidate of Technical Sciences : 03.02.08. - Ivanovo, 2013. – 16 p.

10 **Fetisov, D. D.** Utilization of oil sludge and sawdust by using in the production of fuel briquettes : abstract. dis. ... Candidate of Technical Sciences : 03.02.08. – Penza, 2013. – 22 p.

11 **Kosulina, T. P., Kononenko E. A.** Improving the environmental safety of the oil sludge utilization product // Scientific journal of KubGAU. – 2012. – № 78.

12 **Ruchkinova, O. I.** Development of resource-saving technologies for the safe disposal of solid waste from oil production : abstract. day. ... Doctor of Technical Sciences : 03.00.16. – Perm, 2004. – 34 p.

Материал поступил в редакцию 16.09.22

**\*П. П. Шеновалов<sup>1</sup>, О. Штыка<sup>2</sup>, М. А. Елубай<sup>3</sup>**

<sup>1,2</sup>«Компания Нефтехим ЛТД» ЖШС, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

<sup>3</sup>Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

Материал баспаға түсті 16.09.22.

#### ҚҰРЫЛЫС МАТЕРИАЛДАРЫН ӨНДІРУ КЕЗІНДЕ ҚАЙТА ӨНДЕУГЕ ҚИЫН ҚАЛДЫҚТАРДЫ ПАЙДАЛАНУ

*Бұл жұмыста өнеркәсіптік қалдықтардан құрылыс материалдарын өндіруге негізделген идея негізге алынды. Шикізаттың бұл түрін қайталама пайдалану мәселесі 21 ғасырда өзекті болып табылады. Қазіргі уақытта табиғи ресурстарды ұтымды пайдалану ерекше маңызға ие. Осы өзекті экономикалық проблеманың шешімі шикізатты кешенді пайдалану есебінен тиімді, қалдықсыз технологияларды әзірлеу болып табылады, бұл сонымен бірге қалдықтарды кәдеге жаратумен байланысты экологиялық проблеманы шешуге алып келеді. Құрылыстағы ресурстарды үнемдеу мәселесін шешу техникалық, ұйымдастырушылық және экономикалық факторларды кешенді пайдалану және ғылыми-техникалық прогресті жеделдету арқылы мүмкін болады. Құрылыстағы ресурстарды үнемдеудің маңызды резерві өндіріс пен тұтыну қалдықтары болып табылатын қайталама шикізатты кеңінен пайдалану болып табылады. Өнеркәсіптік қалдықтардың мөлшері қоғамдық өндіріске қарағанда тез өсуде және өсуден озып кетуге бейім.*

*Мақалада жол немесе шатыр материалдары сияқты битуминозды құрылыс материалдарын қайта өңдеу кезінде пайда болатын қалдықтарды қайта өңдеу туралы айтылады.*

*Менің жұмысымның мақсаты-экономикалық және экологиялық пайда алу үшін қайта өңделген қалдықтарды пайдалану туралы әдеби шолу.*

*Менің жұмысымның міндеттері-қайта өңделген қалдықтарды талдау, сонымен қатар дайын өнімді және мүмкін болатын қолдану спектрін қарастыру*

*Кілтті сөздер: қайта өңделген қалдықтарды, шатыр материалдарын, құрылыс материалдарын, битумды, қайта өңдеу.*

**\*P. P. Shepvalov<sup>1</sup>, O. Shtyka<sup>2</sup>, M. A. Yelubai<sup>3</sup>**

<sup>1,2</sup>LLP «Company Neftekhim LTD», Republic of Kazakhstan, Pavlodar

<sup>3</sup>Toraigyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar

#### THE USE OF HEAVILY RECYCLABLE WASTE DURING THE PRODUCTION OF BUILDING MATERIALS

*This paper is based on the idea, which is based on the production of building materials from industrial waste. The question of the secondary use of this type of raw material is relevant in the 21st century. The rational use of natural resources is of particular importance at present. The solution to this urgent economic problem is the development of efficient, waste-free technologies through the integrated use of raw materials, which at the same time leads to the solution of the environmental problem associated with waste disposal. The solution of the problem of resource saving in construction is possible with the integrated use of technical, organizational and economic factors and with the acceleration of scientific and technological progress. The most important resource-saving reserve in construction is the widespread use of secondary raw materials, which are waste products of production and consumption. The amount of industrial waste is growing faster than public production and tends to outpace growth.*

*The article discusses the use of recycling of waste generated during the processing of bitumen building materials, such as road or roofing materials.*

*The purpose of my work is a literary review of the use of recycled waste to achieve both economic and environmental benefits.*

*The tasks of my work are the analysis of recycled waste, as well as the consideration of the finished product and the range of possible applications.*

*Keywords: use of recycled waste, roofing materials, building materials, bitumen, recycling.*

**СВЕДЕНИЯ О АВТОРАХ**

**Абилямжиров Ермек Толегенович**, техника ғылымдарының докторы, қауымдастырылған профессор, Инженерлік-технологиялық факультеті, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Семей қ., 071412, Қазақстан Республикасы, e-mail: eras71@mail.ru

**Абилямжиров Ермек Толегенович**, доктор технических наук, ассоц. профессор, Инженерно-технологический факультет, Университет имени Шакарима города Семей, г. Семей, 071412, Республика Казахстан, e-mail: eras71@mail.ru

**Abilmazhinov Yermek Tolegenovich**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Faculty of Engineering and Technology, Shakarim University Semey, 071412, Republic of Kazakhstan, e-mail: eras71@mail.ru

**Аубакиров Алмат Муканович**, «Металлургия» мамандығы бойынша докторант Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: almat\_aubakirov@list.ru

**Аубакиров Алмат Муканович**, докторант по специальности «Металлургия», Факультет инженерии, Торайғыров университет г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: almat\_aubakirov@list.ru

**Aubakirov Almat Mukanovich**, PhD student in Metallurgy, Faculty of Engineering, Toraigyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: almat\_aubakirov@list.ru

**Әбишев Қайратолла Қайроллаұлы**, техника ғылымдарының докторы, профессор, «Көліктік техника және логистика» кафедрасы, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: asylbek\_kasenov@mail.ru

**Абишев Қайратолла Қайроллинович**, кандидат технических наук, профессор, кафедра «Транспортная техника и логистика», Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: a.kairatolla@mail.ru

**Abishev Kairatolla Kairollinovich**, Candidate of Technical Sciences, Professor, Department of «Transport engineering and logistics», Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: a.kairatolla@mail.ru

**Барзов Александр Александрович**, Жетекші ғылыми қызметкер, техника ғылымдарының докторы, профессор, Мәскеу мемлекеттік университетінің физика факультеті. М. в. Ломоносова, Мәскеу қ., 119991, Ресей Федерациясы, e-mail: a.a.barzov@gmail.com

**Барзов Александр Александрович**, ведущий научный сотрудник, доктор технических наук, профессор, Физический факультет, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, 119991, Российская Федерация, e-mail: a.a.barzov@gmail.com

**Barzov Alexander Alexandrovich**, Leading Researcher, Doctor of Technical Sciences, professor, Faculty of Physics, Lomonosov Moscow State University, Moscow, 119991, Russian Federation, e-mail: a.a.barzov@gmail.com

**Богомолов Алексей Витальевич**, техника ғылымдарының докторы, профессор, «Металлургия» кафедрасы, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: bogomolov71@mail.ru

**Богомолов Алексей Витальевич**, кандидат технических наук, профессор, кафедра «Металлургия», Факультет инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: bogomolov71@mail.ru

**Bogomolov Alexey Vital'evich**, Candidate of Engineering, Professor of Metallurgy department, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: bogomolov71@mail.ru

**Бегалиев Рустем Алибаевич**, Технологиялық бөлімінің бастығы, «KSP Steel» ЖШС, Павлодар қ., 140027, Қазақстан Республикасы, e-mail: rustem\_begaliev\_pvl@mail.ru

**Бегалиев Рустем Алибаевич**, Начальник технологического управления, ТОО «KSP Steel», г. Павлодар, 140027, Республика Казахстан, e-mail: rustem\_begaliev\_pvl@mail.ru

**Begaliev Rustem Alibaevich**, Head of Technological Department, LLP «KSP Steel», Pavlodar, 140027, Republic of Kazakhstan, e-mail: rustem\_begaliev\_pvl@mail.ru

**Быков Петр Олегович**, техника ғылымдарының докторы, Академиялық мәселелер жөніндегі басқарма мүшесі-проректор, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: bykov\_petr@mail.ru

**Быков Петр Олегович**, кандидат технических наук, Член правления по академическим вопросам-проректор, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: bykov\_petr@mail.ru

**Bykov Petr Olegovich**, Candidate of Engineering Member of the Board for Academic Affairs-Vice-Rector, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: bykov\_petr@mail.ru

**Байгереев Самат Рахимғалиевич**, PhD, докторы, Машина жасау мектебі деканының орынбасары, Дәулет Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен қ., 070004, Қазақстан Республикасы, e-mail: samat.baigereyev@mail.ru

**Байгереев Самат Рахимғалиевич**, PhD, заместитель декана Школы машиностроения, Восточно-Казахстанский технический университет имени Д. Серикбаева г. Усть-Каменогорск, 070004, Республика Казахстан, e-mail: samat.baigereyev@mail.ru

**Baigereyev Samat Rakimgalievich**, PhD, Dean's Deputy of the School of Mechanical Engineering, D. Serikbayev East Kazakhstan technical university, Ust-Kamenogorsk, 070004, Republic of Kazakhstan, e-mail: samat.baigereyev@mail.ru

**Бекшек Мадияр Қуандықұлы**, магистрант, «Құрылыс» мамандығы, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ. 140008 Қазақстан Республикасы, e-mail: madsadbliss09bk@mail.ru

**Бекшек Мадияр Қуандықұлы**, магистрант, специальность «Транспортное строительство», Факультет Инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: madsadbliss09bk@mail.ru

**Bekshek Madiyar Kuandykuly**, undergraduate student in «Transport construction», Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: madsadbliss09bk@mail.ru

**Витвицкий Евгений Евгеньевич**, техника ғылымдарының докторы, профессор, Автомобиль көлігі, мұнай-газ және құрылыс техникасы институты, «Сібір мемлекеттік автомобиль-жол университеті (СИБАДИ)» жоғары кәсіптік білім берудің федералды мемлекеттік бюджеттік білім беру мекемесі, Омбы қ, 644080, Ресей Федерациясы, e-mail: vitvitsky\_ee@mail.ru

**Витвицкий Евгений Евгеньевич**, доктор технических наук, профессор, Институт автомобильного транспорта, нефтегазовой и строительной техники, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СИБАДИ)», г. Омск, 644080, Российская Федерация, e-mail: vitvitsky\_ee@mail.ru

**Vitvickij Evgenij Evgen'evich**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Institute of Road Transport, Oil and Gas and Construction Equipment, Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «The Siberian State Automobile and Highway University», Omsk, 644080, Russian Federation, e-mail: vitvitsky\_ee@mail.ru

**Галактионова Елена Сергеевна**, техника ғылымдарының кандидаты, доцент, Автомобиль көлігі, мұнай-газ және құрылыс техникасы институты, «Сібір мемлекеттік автомобиль-жол университеті (СИБАДИ)» жоғары кәсіптік білім берудің федералды мемлекеттік бюджеттік білім беру мекемесі, Омбы қ., 644080, Ресей Федерациясы, e-mail: es\_galaktionova@inbox.ru

**Галактионова Елена Сергеевна**, кандидат технических наук, доцент, Институт автомобильного транспорта, нефтегазовой и строительной техники, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СИБАДИ)», г. Омск, 644080, Российская Федерация, e-mail: es\_galaktionova@inbox.ru

**Galaktionova Elena Sergeevna**, Candidate of Technical Sciences, Docent, Institute of Road Transport, Oil and Gas and Construction Equipment, Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «The Siberian State Automobile and Highway University», Omsk, 644080, Russian Federation, e-mail: es\_galaktionova@inbox.ru

**Денчик Александр Иванович**, техника ғылымдарының кандидаты, профессор, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140000, Қазақстан Республикасы, e-mail: pavlodarec99@mail.ru

**Денчик Александр Иванович**, кандидат технических наук, профессор, Факультет инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан, e-mail: pavlodarec99@mail.ru

**Denchik Alexander Ivanovich**, Candidate of Technical Sciences, Professor, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan, e-mail: pavlodarec99@mail.ru

**Джаксымбетова Макпал Адликановна**, аға оқытушы, Көлік-энергетика факультеті, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: dzhaksymbetov@list.ru

**Джаксымбетова Макпал Адликановна**, ст. преподаватель, Транспортно-энергетический факультет, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: dzhaksymbetov@list.ru

**Dzhaksymbetova Makpal Adlikanovna**, senior lecturer, Transport and Energy Faculty, L. N. Gumilyov Eurasian national University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: dzhaksymbetov@list.ru

**Джомартов Асылбек Әбдіразақұлы**, бас ғылым қызметкер, техника ғылымдарының докторы, Ө. А. Жолдасбеков атындағы механика және машинатану институты, Алматы қ., 050010, Қазақстан Республикасы, e-mail: legsert@mail.ru

**Джомартов Асылбек Абдразақович**, главный научный сотрудник, доктор технических наук, институт механики и машиноведения имени академика У. А. Джолдасбекова, г. Алматы, 050010, Республика Казахстан, e-mail: legsert@mail.ru

**Dzhomartov Asylbek Abdrazakovich**, Chief Researcher, Doctor of Technical Sciences, Institute of Mechanics and Machine Science named after Academician U.A. Dzholdasbekov, Almaty, 050010, Republic of Kazakhstan, e-mail: legsert@mail.ru

**Жаканов Алибек Нуржанович**, аға оқытушы, Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., 010008 Қазақстан Республикасы, e-mail: zhakanov888@mail.ru

**Жаканов Алибек Нуржанович**, магистр, ст. преподаватель, Евразийский национальный университет, г. Астана, 010008 Республика Казахстан, e-mail: zhakanov888@mail.ru

**Zhakanov Alibek Nurzhanovich**, Master Degree, Senior Lecturer, Eurasian National University, Astana, 010008, Republic of Kazakhstan zhakanov888@mail.ru

**Елубай М. А.** химия ғылымдарының кандидаты, доцент, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140000, Қазақстан Республикасы

**Елубай М. А.** кандидат химических наук, ассоц. профессор, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан

**Yelubai M. A.** Candidate of Chemical Sciences, Associate Pro-fessor, Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan

**Еркен Даурен Мейрамулы**, магистрант, «Құрылыс» мамандығы, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140000, Қазақстан Республикасы, e-mail: ggg7182edm@mail.ru

**Еркен Даурен Мейрамулы**, магистрант, специальность «Транспортное строительство», Факультет Инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан, e-mail: ggg7182edm@mail.ru

**Erken Dauren Meyramuly**, undergraduate student in «Transport construction», Faculty of Engineering Toraighyrov University, Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan, e-mail: ggg7182edm@mail.ru

**Кузнецов Антон Владимирович**, Бөлім бастығы, «Біріккен қозғалтқыш құрылысы корпорациясы» АҚ филиалы, Қозғалтқыштар өндірісінің технологиясы және ұйымдастыру ғылыми-зерттеу институты, 105118, Ресей Федерациясы, e-mail: a.v\_kuznetsov@bk.ru

**Кузнецов Антон Владимирович**, Начальник отдела, Филиал АО «Объединенная двигателестроительная корпорация», Научно-исследовательский институт технологии и организации производства двигателей, 105118, Российская Федерация, e-mail: a.v\_kuznetsov@bk.ru

**Kuznetsov Anton Vladimirovich**, Head of Department, JSC «United Engine Corporation» Branch «NIID», 105118, Russian Federation, e-mail: a.v\_kuznetsov@bk.ru

**Касенов Асылбек Жумабекович**, техника ғылымдарының кандидаты, профессор, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140000, Қазақстан Республикасы, e-mail: asylbek\_kasenov@mail.ru

**Касенов Асылбек Жумабекович**, кандидат технических наук, профессор, Факультет инженерии, Торайғыров университет, Павлодар, 140000, Республика Казахстан, e-mail: asylbek\_kasenov@mail.ru

**Kasenov Asylbek Zhumabekovich**, Candidate of Technical Sciences, Professor, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan, e-mail: asylbek\_kasenov@mail.ru

**Кусаинов Руслан Бексултанович**, аға оқытушы, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140000, Қазақстан Республикасы, e-mail: kussainovrb@mail.ru

**Кусаинов Руслан Бексултанович**, ст. преподаватель, Факультет инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан, e-mail: kussainovrb@mail.ru

**Kussainov Ruslan Beksultanovich**, Senior lecturer, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan, e-mail: kussainovrb@mail.ru

**Канаев Амангельды Токешович**, техника ғылымдарының докторы, профессор, Техникалық факультеті, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан қаласы, 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: aman-kanaev2012@yandex.ru

**Канаев Амангельды Токешович**, доктор технических наук, профессор, Технический факультет, Казахский агротехнический университет имени С.Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: aman-kanaev2012@yandex.ru

**Kanayev Amangeldy Tokeshovich**, Doctor of Technical Sciences, professor, Technical Faculty, S. Seifullin Kazakh Agro technical University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: aman-kanaev2012@yandex.ru

**Киргизбаева Камиля Жузбаевна**, техника ғылымдарының кандидаты, доцент, Көлік-энергетика факультеті, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: kirg-kam@yandex.kz

**Киргизбаева Камиля Жузбаевна**, кандидат технических наук, доцент, Транспортно-энергетический факультет, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: kirg-kam@yandex.kz

**Киргизбаева Камиля Жузбаевна**, Candidate technical Sciences, Associate Professor, Transport and Energy Faculty, L. N. Gumilyov Eurasian national University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: kirg-kam@yandex.kz

**Каршалова Даина Госмановна**, аға оқытушы, Көлік-энергетика факультеті, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: danna-s2n@yandex.ru

**Каршалова Даина Госмановна**, ст. преподаватель, Транспортно-энергетический факультет, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: danna-s2n@yandex.ru

**Karshalova Danna Gosmanovna**, senior lecturer, Transport and Energy Faculty, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: danna-s2n@yandex.ru

**Калиакпаров Алтай Гиндуллинович**, техника ғылымдарының докторы, профессор, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: altay.recenrc@yandex.kz

**Калиакпаров Алтай Гиндуллинович**, доктор технических наук, профессор, Факультет инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: altay.recenrc@yandex.kz,

**Kaliakparov Altai Gindullinovich**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: altay.recenrc@yandex.kz

**Капелюшин Юрий Евгеньевич**, аға ғылыми қызметкер, PhD, ЖКББРМАОО, Оңтүстік Орал Мемлекеттік университеті (ҰЗУ), Челябинск қ., 454080, Ресей Федерациясы

**Капелюшин Юрий Евгеньевич**, старший научный сотрудник, PhD, Южно-Уральский государственный университет (НИУ) ФМ АББЖБМ, г. Челябинск, 454080, Российская Федерация

**Kapelyushin Yuri Evgenievich**, Senior Researcher, PhD, South Ural State University (NRU), Chelyabinsk, 454080, Russian Federation

**Ким Сергей Васильевич**, техника ғылымдарының кандидаты, Ж.Әбішев атындағы химия-металлургиялық институты шойын және болат металлургиясы зертханасының меңгерушісі, Қарағанды қ., 100009, Қазақстан Республикасы

**Каменов Алмат Айтасович**, докторант, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: almatkame@gmail.com

**Мусина Жанара Керейовна**, техника ғылымдарының кандидаты, профессор, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140000, Қазақстан Республикасы, e-mail: mussina\_zhanara@mail.ru

**Мусина Лейла Рафаиловна**, магистрант, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140000, Қазақстан Республикасы, e-mail: lulu081299@mail.ru

**Муканов Руслан Батырбекович**, PhD, «Көліктік техника және логистика» кафедрасы, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: ruslangr82@mail.ru

**Ким Сергей Васильевич**, кандидат технических наук, заведующий лабораторией металлургии чугуна и стали Химико-металлургический институт имени Ж. Абишева, г. Караганда, 100009, Республика Казахстан

**Каменов Алмат Айтасович**, докторант, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: almatkame@gmail.com

**Мусина Жанара Керейовна**, кандидат технических наук, профессор, Факультет инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан, e-mail: mussina\_zhanara@mail.ru

**Мусина Лейла Рафаиловна**, магистрант, Факультет инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан, e-mail: lulu081299@mail.ru

**Муканов Руслан Батырбекович**, PhD, кафедра «Транспортная техника и логистика», Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: ruslangr82@mail.ru

**Kim Sergey Vasil'evich**, Candidate of Technical Sciences, Head of the Laboratory of Metallurgy of Cast Iron and Steel of the Zh. Abishev Chemical and Metallurgical Institute, Karaganda, 100009, Republic of Kazakhstan

**Kamenov Almat Aitasovich**, doctoral student, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: almatkame@gmail.com

**Musina Zhanara Kerei ovna**, Candidate of Technical Sciences, Professor, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan, e-mail: mussina\_zhanara@mail.ru

**Musina Leila Rafailovna**, Undergraduate, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan, e-mail: lulu081299@mail.ru

**Mukanov Ruslan Batyrbekovich**, PhD, Department of Transport Engineering and Logistics», Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: ruslangr82@mail.ru

**Маздубай Асылхан Владимирович**, кауымд. профессор (доцент), «Металлургия» кафедрасы, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: ruslangr82@mail.ru

**Маханов Султан Нурболатович**, оқытушы, Инженерия факультеті, Торайғыров университет, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: mahanov-s@mail.ru

**Орманбеков Куаныш Даулетович**, «Машина жасау» мамандығы бойынша магистрант, Инженерлік технологиялық факультеті, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Семей қ., 071412, Қазақстан Республикасы, e-mail: ormanbekov\_k@mail.ru

**Олейникова Наталья Васильевна**, техника ғылымдарының докторы, доцент, профессор, ФМЖББМ Сібір федералды университетінің «Түсті металлургия» кафедрасы, Красноярск қ., 660025, Ресей Федерациясы, e-mail: aurumntc@gmail.com

**Маздубай Асылхан Владимирович**, асоц. профессор (доцент), кафедра «Металлургия», Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: ruslangr82@mail.ru

**Маханов Султан Нурболатович**, преподаватель, Факультет Инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: mahanov-s@mail.ru

**Орманбеков Куаныш Даулетович**, магистрант, специальность «Машиностроение» Инженерно-технологический факультет, Университет имени Шакарима города Семей, г. Семей, 071412, Республика Казахстан, e-mail: ormanbekov\_k@mail.ru

**Олейникова Наталья Васильевна**, доктор технических наук, доцент, профессор, кафедра «Металлургии цветных металлов» ФГАОУ ВО Сибирского федерального университета, г. Красноярск, 660025, Российская Федерация, e-mail: aurumntc@gmail.com

**Mazdubai Asylkhan Vladimirovich**, PhD, Associate Professor, Department of «Metallurgy», Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: ruslangr82@mail.ru

**Makhanov Sultan Nurbolatovich**, lecturer, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: mahanov-s@mail.ru

**Ormanbekov Kuanysh Dauletovich**, master's student in «Mechanical Engineering», Faculty of Engineering and Technology, Shakarim University, Semey, 071412, Republic of Kazakhstan, e-mail: ormanbekov\_k@mail.ru

**Oleinikova Natalia Vasilievna**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor, Department of Metallurgy of Nonferrous Metals, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660025, Russian Federation, e-mail: aurumntc@gmail.com



**Пузаков Вячеслав Сергеевич,** техника ғылымдарының кандидаты, Бас директор, ЖШҚ «Бюро Энергетик»Б Раменское к., 140104, Ресей Федерациясы, e-mail: PuzakovVS@mail.ru

**Пузаков Вячеслав Сергеевич,** кандидат технических наук, Генеральный директор, ООО «Бюро Энергетика», г. Раменское, 140104, Российская Федерация, e-mail: PuzakovVS@mail.ru

**Puzakov Vyacheslav Sergeevich,** General Director, Candidate of Technical Sciences, LLC «Bureau Energetika», Ramenskoye, 140104, Russian Federation, e-mail: PuzakovVS@mail.ru

**Рыспаев Талант Акимжанович,** техника ғылымдарының докторы, профессор, Анхальт қолданбалы ғылымдар университеті, Германия, e-mail: talant.ryspaev@hs-anhalt.de

**Рыспаев Талант Акимжанович,** доктор технических наук, профессор, Университет прикладных наук Анхальта, Германия, e-mail: talant.ryspaev@hs-anhalt.de

**Ryspaev Talant Akimzhanovich,** Doctor of Technical Sciences, Anhalt University of Applied Sciences, Germany, e-mail: talant.ryspaev@hs-anhalt.de

**Суюндиков Мерхат Мадениевич,** техника ғылымдарының кандидаты, профессор, «Металлургия» кафедрасы, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: suyundikovm@mail.ru

**Суюндиков Мерхат Мадениевич,** кандидат технических наук, профессор, кафедра «Металлургия», Факультет инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: suyundikovm@mail.ru

**Suyundikov Merhat Madeievich,** Candidate of Engineering, Professor, «Metallurgy» department, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: suyundikovm@mail.ru

**Саканов Куандық Тимирович,** техника ғылымдарының кандидаты, профессор, ӨАЖКҚ кафедрасы, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: kuan\_altei@mail.ru

**Саканов Куандық Тимирович,** кандидат технических наук, профессор, кафедра ПГТС, Факультет Инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: kuan\_altei@mail.ru

**Sakanov Kuandyk Timirovich,** Professor, Department of «Industrial, Civil and Transport Construction», Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: kuan\_altei@mail.ru

**Толешов Аамандық Куатович,** техника ғылымдарының докторы, Бас директор, Ө. А. Жолдасбеков атындағы механика және машинатану институты, Алматы қ., 050010, Қазақстан Республикасы

**Толешов Аамандық Куатович,** доктор технических наук, Генеральный директор, Институт механики и машиноведения имени академика У. А. Джолдасбекова, 050010, г. Алматы, Республика Казахстан

**Tuleshov Aamandyk Kuatovich,** Doctor of Technical Sciences, General Director, Institute of Mechanics and Machine Science named after Academician U. A. Dzholdasbekov, Almaty, 050010, Republic of Kazakhstan

**Толымбекова Лязат Байгабыловна,** PhD, каумд. профессор, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: lyazat-t@mail.ru

**Толымбекова Лязат Байгабыловна,** PhD, ассоц. профессор, Факультет инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: lyazat-t@mail.ru

**Tolymbekova Lyazat Baigabylovna,** PhD, Associate Professor, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: lyazat-t@mail.ru

**Шеновалов П. П.,** инженер-технолог, «Компания Нефтехим ЛТД» ЖШС, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: pavel.97.5@mail.ru

**Шеновалов П. П.,** инженер-технолог, ТОО «Компания Нефтехим ЛТД», г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: pavel.97.5@mail.ru

**Shepvalov P. P.,** process engineer, LLP, «Company Neftekhim LTD», Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: pavel.97.5@mail.ru

**Штыка О.,** PhD, Химия ғылымдарының кандидаты, Химия факультеті, Лодзь технологиялық университеті, Жалпы және экологиялық химия институты, Польша Республикасы

**Штыка О.,** PhD, кандидат химических наук, Химический факультет, Институт общей и экологической химии, Лодзинский технический университет, Республика Польша

**Shtyka O.,** PhD, Candidate of Chemical Sciences, Faculty of Chemistry, Institute of General and Ecological Chemistry, Lodz University of Technology, Republic of Poland

**Шабенов Канат Кауржанұлы,** техника ғылымдарының докторы, «KSP Steel» ЖШС машина жасау кешенінің директоры, Павлодар қ., 140027, Қазақстан Республикасы, e-mail: Shabenov\_k@ksp-steel.kz

**Шабенов Канат Кауржанович,** кандидат технических наук, директор машиностроительного комплекса ТОО «KSP Steel», г. Павлодар, 140027, Республика Казахстан, e-mail: Shabenov\_k@ksp-steel.kz

**Shabenov Kanat Kairzhanovich,** candidate of technical sciences, director of LLP «KSP Steel» machine complex, Pavlodar, 140027, Republic of Kazakhstan, e-mail: Shabenov\_k@ksp-steel.kz

**Ярославцев Михаил Викторович,** техника ғылымдарының кандидаты, аға оқытушы, Энергетика факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ. 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: myaroslav54@gmail.com

**Ярославцев Михаил Викторович,** кандидат технических наук, ст.преподаватель, Факультет Энергетики, Торайғыров Университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: myaroslav54@gmail.com

**Yaroslavtsev Mikhail Viktorovich,** Candidate of technical sciences, senior lecturer, Faculty of Energy, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: myaroslav54@gmail.com

**ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ  
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА  
«НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА»**

Редакционная коллегия просит авторов руководствоваться следующими правилами при подготовке статей для опубликования в журнале.

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».

\* В номер допускается не более одной рукописи от одного автора либо того же автора в составе коллектива соавторов.

\* Количество соавторов одной статьи не более 5.

\* Степень оригинальности статьи должна составлять не менее 60 % (согласно решению редакционной коллегии).

\* Направляемые статьи не должны быть ранее опубликованы, не допускается последующее опубликование в других журналах, в том числе переводы на другие языки.

\* Решение о принятии рукописи к опубликованию принимается после проведения процедуры рецензирования.

\* Двойное рецензирование (слепое) проводится конфиденциально, автору не сообщается имя рецензента, а рецензенту – имя автора статьи.

\* Квитанция об оплате предоставляется после принятия статей к публикации. Стоимость публикации в журнале за страницу 1000 (одна тысяча) тенге.

\* докторантам НАО «Торайгыров университет» и иностранным авторам (без казахстанских соавторов) публикация в журнале бесплатно.

\* Если статья отклонена антиплагиатом или рецензентом статья возвращается автору на доработку. Автор может повторно отправить статью на антиплагиат или рецензирования 1 раз. Ответственность за содержание статьи несет автор.

Редакция не занимается литературной и стилистической обработкой статьи.

**Статьи, оформленные с нарушением требований, к публикации не принимаются и возвращаются авторам.**

Датой поступления статьи считается дата получения редакцией ее окончательного варианта.

Статьи публикуются по мере поступления. Журнал формируется исходя из количества не более 30 статей в одном номере.

**Периодичность издания журналов – 4 раза в год (ежеквартально).**

**Сроки подачи статьи:**

- первый квартал до 10 февраля;
- второй квартал до 10 мая;
- третий квартал до 10 августа;

- четвертый квартал до 10 ноября.

Научный журнал «Вестник Торайгыров университета», «Наука и техника Казахстана» выпускается с периодичностью 4 раза в год в сетевом (электронном) формате в следующие установленные сроки выхода номеров журнала:

- первый номер выпускается до 30 марта текущего года;
- второй номер – до 30 июня;
- третий номер – до 30 сентября;
- четвертый номер – до 30 декабря.

Статью (электронную версию и квитанции об оплате) следует направлять на сайтах:

- <https://vestnik.tou.edu.kz/>
- <http://stk.tou.edu.kz/>

Для подачи статьи на публикацию необходимо пройти регистрацию на сайте.

Автор, который внес наибольший интеллектуальный вклад в подготовку рукописи (при двух и более соавторах), является автором-корреспондентом и обозначается «\*».

Авторы из разных учебных заведений указываются цифрами <sup>1,2</sup>.

Для осуществления процедуры двойного рецензирования (слепого), авторам необходимо отправлять два варианта статьи: первый – с указанием личных данных, второй – без указания личных данных. При нарушении принципа слепого рецензирования статья не рассматривается.

**Статьи должны быть оформлены в строгом соответствии  
со следующими правилами:**

– В журналы принимаются статьи по всем научным направлениям, в электронном варианте со всеми материалами в текстовом редакторе «Microsoft Office Word (97, 2000, 2007, 2010) для Windows» (в форматах .doc, .docx, .rtf).

– Общий объем статьи, включая аннотации, литературу, таблицы, рисунки и математические формулы должен составлять **не менее 7 и не более 12 страниц печатного текста**. Поля страниц – 30 мм со всех сторон листа; Текст статьи: кегль – 14 пунктов, гарнитура – Times New Roman (для русского, английского и немецкого языков), KZ Times New Roman (для казахского языка).

Структура научной статьи включает название, аннотация, ключевые слова, основные положения, введение, материалы и методы, результаты и обсуждение, заключение, выводы, информацию о финансировании (при наличии), список использованных источников (литературы) к каждой статье, включая романизированный (транслитерированный латинским алфавитом) вариант написания источников на кириллице (на казахском и русском языках) см. ГОСТ 7.79–2000 (ИСО 9–95) Правила транслитерации кирилловского письма латинским алфавитом.

**Статья должна содержать:**

1. **МРНТИ** (Межгосударственный рубрикатор научной технической информации);

2. **DOI** – после МРНТИ в верхнем правом углу (присваивается и заполняется редакцией журнала);

3. **Инициалы** (имя, отчество) **Фамилия** автора (-ов) – на казахском, русском и английском языках (жирным шрифтом, по центру);

Автор, который внес наибольший интеллектуальный вклад в подготовку рукописи (при двух и более соавторах), является автором-корреспондентом и обозначается «\*».

Авторы из разных учебных заведений указываются цифрами<sup>1,2</sup>.

4. **Аффилиация** (организация (место работы (учебы)), страна, город) – на казахском, русском и английском языках. Полные данные об аффилиации авторов представляются в конце журнала;

5. **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, жирным шрифтом, по центру, на трех языках: русский, казахский, английский либо немецкий);

6. **Аннотация** – краткая характеристика назначения, содержания, вида, формы и других особенностей статьи. Должна отражать основные и ценные, по мнению автора, этапы, объекты, их признаки и выводы проведенного исследования. Дается на казахском, русском и английском либо немецком языках (рекомендуемый объем аннотации на языке публикации – не менее 150, не более 300 слов, курсив, нежирным шрифтом, кегль – 12 пунктов, абзацный отступ слева и справа 1 см, см. образец);

7. **Ключевые слова** – набор слов, отражающих содержание текста в терминах объекта, научной отрасли и методов исследования (оформляются на трех языках: русский, казахский, английский либо немецкий; кегль – 12 пунктов, курсив, отступ слева-справа – 1 см.). Рекомендованное количество ключевых слов – 5-8, количество слов внутри ключевой фразы – не более 3. Задаются в порядке их значимости, т.е. самое важное ключевое слово статьи должно быть первым в списке (см. образец);

8. **Основной текст статьи** излагается в определенной последовательности его частей, включает в себя:

- **Введение** (абзац 1 см по левому краю, жирными буквами, кегль – 14 пунктов). Обоснование выбора темы; актуальность темы или проблемы. Актуальность темы определяется общим интересом к изученности данного объекта, но отсутствием исчерпывающих ответов на имеющиеся вопросы, она доказывается теоретической или практической значимостью темы.

- **Материалы и методы** (абзац 1 см по левому краю, жирными буквами, кегль – 14 пунктов). Должны состоять из описания материалов и хода работы, а также полного описания использованных методов.

- **Результаты и обсуждение** (абзац 1 см по левому краю, жирными буквами, кегль – 14 пунктов). Приводится анализ и обсуждение полученных вами результатов исследования. Приводятся выводы по полученным в ходе исследования результатам, раскрывается основная суть. И это один из самых важных разделов статьи. В нем необходимо провести анализ результатов своей работы и обсуждение соответствующих результатов в сравнении с предыдущими работами, анализами и выводами.

- **Информацию о финансировании** (при наличии) (абзац 1 см по левому краю, жирными буквами, кегль – 14 пунктов).

- **Выводы** (абзац 1 см по левому краю, жирными буквами, кегль – 14 пунктов).

Выводы – обобщение и подведение итогов работы на данном этапе; подтверждение истинности выдвигаемого утверждения, высказанного автором, и заключение автора об изменении научного знания с учетом полученных результатов. Выводы не должны быть абстрактными, они должны быть использованы для обобщения результатов исследования в той или иной научной области, с описанием предложений или возможностей дальнейшей работы.

- **Список использованных источников** (жирными буквами, кегль – 14 пунктов, в центре) включает в себя:

Статья и список использованных источников должны быть оформлены в соответствии с ГОСТ 7.5-98; ГОСТ 7.1-2003 (см. образец).

Очередность источников определяется следующим образом: сначала последовательные ссылки, т.е. источники на которые вы ссылаетесь по очередности в самой статье. Затем дополнительные источники, на которых нет ссылок, т.е. источники, которые не имели место в статье, но рекомендованы вами читателям для ознакомления, как смежные работы, проводимые параллельно. *Объем не менее 10, не более чем 20 наименований* (ссылки и примечания в статье обозначаются сквозной нумерацией и заключаются в квадратные скобки), преимущественно за последние 10–15 лет.

В случае наличия в списке использованных источников работ на кириллице (на казахском и русском языках), необходимо представить список литературы в двух вариантах: 1) в оригинале (указываются источники на русском, казахском и английском либо немецком языках); 2) романизированный вариант написания источников на кириллице (на казахском и русском языках), то есть транслитерация латинским алфавитом. *см. ГОСТ 7.79–2000 (ИСО 9–95) Правила транслитерации кирилловского письма латинским алфавитом.*

*Онлайн сервис Транслитерация по ГОСТу – <https://transliteration-online.ru/>*

**Правила транслитерации кирилловского письма  
латинским алфавитом**

*Романизированный список литературы должен выглядеть следующим образом: автор(-ы) (транслитерация либо англоязычный вариант при его наличии)*

→ название статьи в транслитерированном варианте → [перевод названия статьи на английский язык в квадратных скобках] → название казахоязычного либо русскоязычного источника (транслитерация, либо английское название при его наличии) → выходные данные с обозначениями на английском языке.

- **Иллюстрации, перечень рисунков** и подрисуночные надписи к ним представляют по тексту статьи. В электронной версии рисунки и иллюстрации представляются в формате TIF или JPG с разрешением не менее 300 dpi.
- **Математические формулы** должны быть набраны в Microsoft Equation Editor (каждая формула – один объект).

**На отдельной странице (после статьи)**

В электронном варианте приводятся **полные почтовые адреса, номера служебного и домашнего телефонов, e-mail** (номера телефонов для связи редакции с авторами, не публикуются);

**Сведения об авторах**

На казахском языке	На русском языке	На английском языке
Фамилия Имя Отчество (полностью)		
Должность, ученая степень, звание		
Организация		
Город		
Индекс		
Страна		
E-mail		
Телефон		

**140008, Республика Казахстан, г. Павлодар, ул. Ломова, 64,**  
**НАО «Торайгыров университет»,**  
**Издательство «Toraighyrov University», каб. 137.**  
 Тел. 8 (7182) 67-36-69, (внутр. 1147).  
 E-mail: [nitk.tou.edu.kz](mailto:nitk.tou.edu.kz).

**Наши реквизиты:**

НАО «Торайгыров университет» РНН 451800030073 БИН 990140004654	НАО «Торайгыров университет» РНН 451800030073 БИН 990140004654	Приложение kaspi.kz Платежи – Образование –Оплата за ВУЗы – Заполняете все графы (в графе Факультет укажите «За публикацию в научном журнале, название журнала и серии»)
АО «Jysan Bank» ИИК KZ57998FTB00 00003310 БИК TSESKZK A Кбе 16 Код 16 КНП 861	АО «Народный Банк Казахстана» ИИК KZ156010241000003308 БИК HSBKZKX Кбе 16 Код 16 КНП 861	

**ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ**

МРНТИ 14.37.27

DOI xxxxxxxxxxxxxxxxx

**С. К. Антикеева**

Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

**ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ  
 СОЦИАЛЬНЫХ РАБОТНИКОВ ЧЕРЕЗ КУРСЫ ПОВЫШЕНИЯ  
 КВАЛИФИКАЦИИ**

*В данной статье представлена теоретическая модель формирования личностных и профессиональных компетенций социальных работников через курсы повышения квалификации, которая разработана в рамках докторской диссертации «Формирование личностных и профессиональных компетенций социальных работников через курсы повышения квалификации». В статье приводятся педагогические аспекты самого процесса моделирования, перечислены этапы педагогического моделирования. Представлены методологический, процессуальный (технологический) и инструментальный уровни модели, ее цель, мониторинг сформированности искомых компетенций, а также результат. В модели показаны компетентностный, личностно-ориентированный и практико-ориентированный педагогические подходы, закономерности, принципы, условия формирования выбранных компетенций; описаны этапы реализации процесса формирования, уровни сформированности личностных и профессиональных компетенций. В разделе практической подготовки предлагается интерактивная работа в системе слушатель-преподаватель-группа, подразумевающая личное участие каждого специалиста, а также открытие первого в нашей стране Республиканского общественного объединения «Национальный альянс профессиональных социальных работников». Данная модель подразумевает под собой дальнейшее совершенствование и самостоятельное развитие личностных и профессиональных компетенций социальных работников. Это позволяет увидеть в модели эффективность реализации курсов повышения квалификации, формы, методы и средства работы.*

*Ключевые слова: теоретическая модель, компетенции, повышение квалификации, социальные работники.*

**Введение**

Социальная работа – относительно новая для нашей страны профессия. Поэтому обучение социальных работников на современной стадии не характеризуется наличием достаточно разработанных образовательных стандартов, которые находили бы выражение в формулировке педагогических целей, в содержании, технологиях учебного процесса.

*Продолжение текста публикуемого материала*

**Материалы и методы**

Теоретический анализ научной психолого-педагогической и специальной литературы по проблеме исследования; анализ законодательных и нормативных документов по открытию общественных объединений; анализ содержания программ курсов повышения квалификации социальных работников; моделирование; анализ и обобщение педагогического опыта; опросные методы (беседа, анкетирование, интервьюирование); наблюдение; анализ продуктов деятельности специалистов; эксперимент, методы математической статистики по обработке экспериментальных данных.

*Продолжение текста публикуемого материала*

**Результаты и обсуждение**

Чтобы понять объективные закономерности, лежащие в основе процесса формирования и развития личностных и профессиональных компетенций социальных работников через курсы повышения квалификации, необходимо четко представлять себе их модель.

*Продолжение текста публикуемого материала*

**Выводы**

Таким образом, на основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что теоретическая модель формирования личностных и профессиональных компетенций социальных работников через курсы повышения квалификации содержит три уровня ее реализации.

*Продолжение текста публикуемого материала*

**Список использованных источников**

- 1 **Дахин, А. Н.** Педагогическое моделирование : сущность, эффективность и неопределенность [Текст] // Педагогика. – 2003. – № 4. – С. 22.
- 2 **Кузнецова, А. Г.** Развитие методологии системного подхода в отечественной педагогике : монография [Текст]. – Хабаровск : Изд-во ХК ИППК ПК, 2001. – 152 с.
- 2 **Каропа, Г. Н.** Системный подход к экологическому образованию и воспитанию (На материале сельских школ) [Текст]. – Минск, 1994. – 212 с.
- 4 **Штофф, В. А.** Роль моделей в познании [Текст] – Л. : ЛГУ, 1963. – 128 с.
- 5 **Таубаева, Ш.** Методология и методика дидактического исследования : учебное пособие [Текст]. – Алматы : Казак университеті, 2015. – 246 с.
- 6 **Дахин, А. Н.** Моделирование компетентности участников открытого образования [Текст]. – М. : НИИ школьных технологий 2009. – 290 с.
- 7 **Дахин, А. Н.** Моделирование в педагогике [Текст] // Идеи и идеалы. – 2010. – № 1(3). – Т. 2 – С. 11–20.
- 8 **Дахин, А. Н.** Педагогическое моделирование : монография [Текст]. – Новосибирск : Изд-во НИПКиПРО, 2005. – 230 с.
- 9 **Аубакирова, С. Д.** Формирование деонтологической готовности будущих педагогов к работе в условиях инклюзивного образования : дисс. на соиск. степ. д-ра филос. (PhD) по 6D010300 – Педагогика и психология [Текст] – Павлодар, 2017. – 162 с.

10 **Арын, Е. М., Пфейфер, Н. Э., Бурдина, Е. И.** Теоретические аспекты профессиональной подготовки педагога XXI века : учеб. пособие [Текст]. – Павлодар : ПГУ им. С. Торайгырова; СПб. : ГАФКиС им. П. Ф. Лесгафта, 2005. – 270 с.

**References**

- 1 **Dahin, A. N.** Pedagogicheskoe modelirovanie : suschnost, effektivnost i neopredelennost [Pedagogical modeling : essence, effectiveness, and uncertainty] [Text]. In Pedagogy. – 2003. – № 4. – P. 22.
- 2 **Kuznetsova, A. G.** Razvitie metodologii sistemnogo podhoda v otechestvennoi pedagogike [Development of the system approach methodology in Russian pedagogy : monograph] [Text]. – Khabarovsk : Izd-vo KhK IPPK PK, 2001. – 152 p.
- 3 **Karopa, G. N.** Sistemnyi podhod k ekologicheskomu obrazovaniyu i vospitaniju (Na materiale selskih shkol) [The systematic approach to environmental education and upbringing (Based on the material of rural schools)] [Text] – Minsk, 1994. – 212 p.
- 4 **Shtoff, V. A.** Rol modelei v poznanii [The role of models in cognition] [Text] – L. : LGU, 1963. – 128 p.
- 5 **Taubayeva, Sh.** Metodologiya i metodika didakticheskogo issledovaniya : uchebnoe posobie [Methodology and methods of educational research : a tutorial] [Text] – Almaty : Kazak University, 2015. – 246 p.
- 6 **Dahin, A. N.** Modelirovanie kompetentnosti uchastnikov otkrytogo obrazovaniya [Modeling the competence of open education participants] [Text] – Moscow : NII shkolnyh tehnologii, 2009. – 290 p.
- 7 **Dahin, A. N.** Modelirovanie v pedagogike [Modeling in pedagogy] [Text]. In Idei i idealy. – 2010. – № 1(3). – Т. 2 – P. 11–20.
- 8 **Dahin, A. N.** Pedagogicheskoe modelirovanie : monographia [Pedagogical modeling : monograph] [Text]. – Novosibirsk : Izd-vo NIPKiPRO, 2005. – 230 p.
- 9 **Aubakirova, S. D.** Formirovaniye deontologicheskoi gotovnosti buduschih pedagogov k rabote v usloviyah inklusivnogo obrazovaniya : dissertaciya na soiskanie stepeni doctora filosofii (PhD) po specialnosti 6D010300 – Pedagogika i psihologiya. [Formation of deontological readiness of future teachers to work in inclusive education : dissertation for the degree of doctor of philosophy (PhD) in the specialty 6D010300-Pedagogy and psychology] [Text] – Pavlodar, 2017. – 162 p.
- 10 **Aryn, E. M., Pfeifer, N. E., Burdina, E. I.** Teoreticheskie aspekty professionalnoi podgotovki pedagoga XXI veka : ucheb. posobie [Theoretical aspects of professional training of a teacher of the XXI century : textbook] [Text] – Pavlodar : PGU im. S. Toraiyrov PSU; St.Petersburg. : GAFKiS im. P. F. Lesgafta, 2005. – 270 p.

С. К. Антикеева

Торайғыров университет, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

**БІЛІКТІЛІКТІ АРТТЫРУ КУРСТАРЫ АРҚЫЛЫ ӘЛЕУМЕТТІК ҚЫЗМЕТКЕРЛЕРДІҢ ҚҰЗІРЕТТІЛІКТЕРІН ҚАЛЫПТАСТЫРУДЫҢ ТЕОРИЯЛЫҚ МОДЕЛІ**

Бұл мақалада «Әлеуметтік қызметкерлердің біліктілігін арттыру курстары арқылы тұлғалық және кәсіби құзыреттіліктерін қалыптастыру» докторлық диссертация шеңберінде әзірленген біліктілікті арттыру курстары арқылы әлеуметтік қызметкерлердің тұлғалық және кәсіби құзыреттілігін қалыптастырудың теориялық моделі ұсынылған. Мақалада модельдеу процесінің педагогикалық аспектілері, педагогикалық модельдеудің кезеңдері келтірілген. Модельдің әдіснамалық, процессуалдық (технологиялық) және аспаптық деңгейлері, оның мақсаты, қажетті құзыреттердің қалыптасу мониторингі, сондай-ақ нәтижесі ұсынылған. Модельде құзыреттілікке, тұлғаға бағытталған және практикаға бағытталған педагогикалық тәсілдер, таңдалған құзыреттерді қалыптастыру заңдылықтары, қағидаттары, шарттары көрсетілген; қалыптасу процесін іске асыру кезеңдері, жеке және кәсіби құзыреттердің қалыптасу деңгейлері сипатталған. Практикалық дайындық бөлімінде тыңдаушы-оқытушы-топ жүйесінде интерактивті жұмыс ұсынылады, ол әр маманның жеке қатысуын, сондай-ақ елімізде алғашқы «кәсіби әлеуметтік қызметкерлердің ұлттық альянсы» республикалық қоғамдық бірлестігінің ашылуын білдіреді. Бұл модель әлеуметтік қызметкерлердің жеке және кәсіби құзыреттерін одан әрі жетілдіруді және тәуелсіз дамытуды білдіреді. Бұл модельде біліктілікті арттыру курстарын іске асырудың тиімділігін, жұмыс нысандары, әдістері мен құралдарын көруге мүмкіндік береді.

Кілтті сөздер: теориялық модель, құзыреттілік, біліктілікті арттыру, әлеуметтік қызметкерлер.

S. K. Antikeeva

Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar

**THEORETICAL MODEL OF FORMATION COMPETENCIES OF SOCIAL WORKERS THROUGH PROFESSIONAL DEVELOPMENT COURSES**

This article presents a theoretical model for the formation of personal and professional competencies of social workers through advanced training courses, which was developed in the framework of the doctoral dissertation «Formation of personal and professional competencies of social workers through advanced training courses». The article presents the pedagogical aspects of the modeling process itself, and lists the stages of pedagogical modeling. The methodological, procedural (technological) and instrumental levels of the model, its purpose, monitoring the formation of the required competencies, as well as the result are presented. The model shows competence-based, personality-oriented and practice-oriented

pedagogical approaches, patterns, principles, conditions for the formation of selected competencies; describes the stages of the formation process, the levels of formation of personal and professional competencies. The practical training section offers interactive work in the listener-teacher-group system, which implies the personal participation of each specialist, as well as the opening of the first Republican public Association in our country, the national Alliance of professional social workers. This model implies further improvement and independent development of personal and professional competencies of social workers. This allows you to see in the model the effectiveness of the implementation of advanced training courses, forms, methods and means of work.

Keywords: theoretical model, competencies, professional development, social workers.

**Сведения об авторах**

На казахском языке	На русском языке	На английском языке
Антикеева Самал Канатовна «Педагогика және психология» мамандығы бойынша докторант «Торайғыров университеті» КЕАҚ, Гуманитарлық және әлеуметтік ғылымдар факультеті, Павлодар, 140008, Қазақстан Республикасы, samal_antikeeva@mail.ru, 8-000-000-00-00	Антикеева Самал Канатовна докторант по специальности «Педагогика и психология» НАО «Торайғыров университет», Факультет гуманитарных и социальных наук, Павлодар, 140008, Республика Казахстан, samal_antikeeva@mail.ru, 8-000-000-00-00	Samal Kanatovna Antikeeva doctoral student in «Pedagogy and psychology» «Toraighyrov University» NCJSC, Faculty of Humanities and Social Sciences, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, samal_antikeeva@mail.ru, 8-000-000-00-00

**ПУБЛИКАЦИОННАЯ ЭТИКА  
В НАУЧНОМ ЖУРНАЛЕ  
ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА  
«НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА»**

Редакционная коллегия научных журналов НАО «Торайгыров университет» «Вестник Торайгыров университета», «Наука и техника Казахстана» и научно-популярного журнала «Краеведение» в своей профессиональной деятельности придерживаются принципов и норм Публикационной этики научных журналов НАО «Торайгыров университет». Публикационная этика разработана в соответствии с международной публикационной этической нормой Комитета по публикационной этике (COPE), этическими принципами публикации журналов Scopus (Elsevier), Кодекса академической честности НАО «Торайгыров университет».

Публикационная этика определяет нормы, принципы и стандарты этического поведения редакторов, рецензентов и авторов, меры по выявлению конфликтов интересов, неэтичного поведения, инструкции по изъятию (ретракции), исправлению и опровержению статьи.

Все участники процесса публикации, соблюдают принципы, нормы и стандарты публикационной этики.

Качество научного журнала обеспечивается исполнением принципов участников процесса публикации: равенства всех авторов, принцип конфиденциальности, однократные публикации, авторства рукописи, принцип оригинальности, принцип подтверждения источников, принцип объективности и своевременности рецензирования.

Права и обязанности членов редакционных коллегий научных журналов НАО «Торайгыров университет» «Вестник Торайгыров университета», «Наука и техника Казахстана» и научно-популярного журнала «Краеведение» определены СО СМК 8.12.3-20 Управление научно-издательской деятельностью.

**Права и обязанности рецензентов**

Рецензенты научных журналов «Вестник Торайгыров университета», «Наука и техника Казахстана», научно-популярного журнала «Краеведение», обязаны руководствоваться принципом объективности.

Персональная критика в адрес автора(-ов) рукописи недопустима. Рецензент должен аргументировать свои замечания и обосновывать свое решение о принятии рукописи или о ее отклонении.

Национальность, религиозная принадлежность, политические или иные взгляды автора(-ов) не должны приниматься во внимание и учитываться в процессе рецензирования рукописи рецензентом(-ами).

Экспертная оценка, составленная рецензентом должна способствовать принятию решения редакцией о публикации и помогать автору улучшить рукопись.

Решение о принятии рукописи к публикации, возвращение работы автору на изменение или доработку, либо решение об отклонении от публикации принимается редколлегией опираясь на результаты рецензирования.

Принцип своевременности рецензирования. Рецензент обязан предоставить рецензию в срок, определенный редакцией, но не позднее 2-4 недель с момента получения рукописи на рецензирование. Если рассмотрение статьи и подготовка рецензии в назначенные сроки невозможны, то рецензент должен незамедлительно уведомить об этом научного редактора.

Рецензент, который считает, что его квалификация не соответствует либо недостаточна для принятия решения при рецензировании предоставленной рукописи должен незамедлительно сообщить об этом научному редактору и отказаться от рецензирования рукописи.

Принцип конфиденциальности со стороны рецензента. Рукопись, предоставленная рецензенту на рецензирование должна рассматриваться как конфиденциальный материал. Рецензент имеет право демонстрировать ее и/или обсуждать с другими лицами только после получения письменного разрешения со стороны научного редактора журнала и/или автора (-ов).

Информация и идеи научной работы, полученные в ходе рецензирования и обеспечения публикационного процесса, не должны быть использованы рецензентом(-ами) для получения личной выгоды.

Принцип подтверждения источников. Рецензент должен указать научные работы, которые оказали бы влияние на исследовательские результаты рассматриваемой рукописи, но не были приведены автором (-ами). Также рецензент обязан обратить внимание научного редактора на значительное сходство или совпадение между рассматриваемой рукописью и ранее опубликованной работой, о котором ему известно.

Если у рецензента имеются достаточные основания полагать, что в рукописи содержится плагиат, некорректные заимствования, ложные и сфабрикованные материалы или результаты исследования, то он не должен допустить рукопись к публикации и проинформировать научного редактора журнала о выявленных нарушениях принципов, стандартов и норм публикационной и научной этики.

**Права и обязанности авторов**

Публикационная этика базируется на соблюдении принципов:

Однократность публикации. Автор(-ы) гарантируют что представленная в редакцию рукопись статьи не была представлена для рассмотрения в другие издания. Представление рукописи одновременно в нескольких журналах/изданиях неприемлемо и является грубым нарушением принципов, стандартов и норм публикационной этики.

Авторство рукописи. Лицо, которое внесло наибольший интеллектуальный вклад в подготовку рукописи (при двух и более соавторах), является автором-корреспондентом и указывается первым в списке авторов.

Для каждой статьи должен быть назначен автор для корреспонденции, который отвечает за подготовку финальной версии статьи, коммуникацию с редколлегией, должен обеспечить включение всех участников исследования (при количестве авторов более одного), внесших в него достаточный вклад, в список авторов, а также получить одобрение окончательной версии рукописи от всех авторов для представления в редакцию для публикации. Все авторы, указанные в рукописи/статье, несут ответственность за содержание работы.

**Принцип оригинальности.** Автор(-ы) гарантирует, что результаты исследования, изложенные в рукописи, представляют собой оригинальную самостоятельную работу, и не содержат некорректных заимствований и плагиата, которые могут быть выявлены в процессе.

Авторы несут ответственность за публикацию статей с признаками неэтичного поведения, плагиата, самоплагиата, самоцитирования, фальсификации, фабрикации, искажения данных, ложного авторства, дублирования, конфликта интересов и обмана.

**Принцип подтверждения источников.** Автор(ы) обязуется правильно указывать научные и иные источники, которые он(и) использовал(и) в ходе исследования. В случае использования каких-либо частей чужих работ и/или заимствования утверждений другого автора(-ов) в рукописи должны быть указаны библиографические ссылки с указанием автора(-ов) первоисточника. Информация, полученная из сомнительных источников не должна использоваться при оформлении рукописи.

В случае, если у рецензентов, научного редактора, члена(-ов) редколлегии журнала возникают сомнения подлинности и достоверности результатов исследования, автор(-ы) должны предоставить дополнительные материалы для подтверждения результатов или фактов, приводимых в рукописи.

**Исправление ошибок в процессе публикации.** В случае выявления ошибок и неточностей в работе на любой стадии публикационного процесса авторы обязуются в срочном порядке сообщить об этом научному редактору и оказать помощь в устранении или исправлении ошибки для публикации на сайте журнала соответствующей коррекции (Erratum или Corrigendum) с комментариями. В случае обнаружения грубых ошибок, которые невозможно исправить, автор(-ы) должен(-ны) отозвать рукопись/статью.

**Принцип соблюдения публикационной этики.** Авторы обязаны соблюдать этические нормы, связанные с критикой или замечаниями в отношении исследований, а также в отношении взаимодействия с редакцией по поводу рецензирования и публикации. Несоблюдение этических принципов авторами расценивается как грубое нарушение этики публикаций и дает основание для снятия рукописи с рецензирования и/или публикации.

### **Конфликт интересов**

Конфликт интересов, по определению Комитета по публикационной этике (COPE), это конфликтные ситуации, в которых авторы, рецензенты или члены редколлегии имеют неявные интересы, способные повлиять на их суждения

касательно публикуемого материала. Конфликт интересов появляется, когда имеются финансовые, личные или профессиональные условия, которые могут повлиять на научное суждение рецензента и членов редколлегии, и, как результат, на решение редколлегии относительно публикации рукописи.

Главный редактор, член редколлегии и рецензенты должны оповестить о потенциальном конфликте интересов, который может как-то повлиять на решение редакционной коллегии. Члены редколлегии должны отказаться от рассмотрения рукописи, если они состоят в каких-либо конкурентных отношениях, связанных с результатами исследования автора(-ов) рукописи, либо если существует иной конфликт интересов.

При подаче рукописи на рассмотрение в журнал, автор(-ы) заявляет о том, что в содержании рукописи указаны все источники финансирования исследования; также указывают, какие имеются коммерческие, финансовые, личные или профессиональные факторы, которые могли бы создать конфликт интересов в отношении поданной на рассмотрение рукописи. Автор(ы), в письме при наличии конфликта интересов, могут указать ученых, которые, по их мнению, не смогут объективно оценить их рукопись.

Рецензент не должен рассматривать рукописи, которые могут послужить причинами конфликта интересов, проистекающего из конкуренции, сотрудничества или других отношений с кем-либо из авторов, имеющих отношение к рукописи.

В случае наличия конфликта интересов с содержанием рукописи, ответственный секретарь должен известить об этом главного редактора, после чего рукопись передается другому рецензенту.

Существование конфликта интересов между участниками в процессе рассмотрения и рецензирования не значит, что рукопись будет отклонена.

Всем заинтересованным лицам необходимо, по мере возможности избегать возникновения конфликта интересов в любых вариациях на всех этапах публикации. В случае возникновения какого-либо конфликта интересов тот, кто обнаружил этот конфликт, должен незамедлительно оповестить об этом редакцию. То же самое касается любых других нарушений принципов, стандартов и норм публикационной и научной этики.

### **Неэтичное поведение**

Неэтичным поведением считаются действия авторов, редакторов или издателя, в случае самостоятельного предоставления рецензии на собственные статьи, в случае договорного и ложного рецензирования, в условиях обращения к агентским услугам для публикации результатов научного исследования, лжеавторства, фальсификации и фабрикации результатов исследования, публикация недостоверных псевдо-научных текстов, передачи рукописи статей в другие издания без разрешения авторов, передачи материалов авторов третьим лицам, условия когда нарушены авторские права и принципы конфиденциальности редакционных процессов, в случае манипуляции с цитированием, плагиатом.



Теруге 16.09.22 ж. жіберілді. Басуға 30.09.22 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

5,07 Mb RAM

Шартты баспа табағы 11,05 Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: Е. Е. Калихан

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс № 3998

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов көш., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

e-mail: [kereku@tou.edu.kz](mailto:kereku@tou.edu.kz)

[nitk.tou.edu.kz](http://nitk.tou.edu.kz)