

**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

№ 1 (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/TFZY8989>

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);  
Богомолв 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.**  
Өндірістік объектілерді қалыптастыру және пайдалану кезеңдерін техникалық-экономикалық оңтайландыру моделі 9

**Галиновский А. Л., Чжо Мьо Хтет, Колпаков В. И.**  
Жоғары жылдамдықты бүрку процесін сандық 3D модельдеу 20

**Денчик А. И., Мусина Ж. К., Касенов А. Ж., Мусина Л. Р.**  
Екі есе технологиялық әсер ету кезінде өңделген беттің бұзылу параметрлерін қалыптастырудың ықтималды-имитациялық математикалық моделін жасау 28

**Оспантаев М. К.**  
Аспаптық координаттар жүйесіндегі төбесіз жону өтпелі кескіштің геометриялық параметрлері 40

**МЕТАЛЛУРГИЯ**

**Артамонов В. В.**  
Цементтеу әдісімен металлографиялық зерттеулер үшін репликалар алу 52

**Быков П. О., Тусупбекова М. Ж., Абсолямова Д. Р., Дейграф И. Э.**  
Жіксіз құбырларды өндіру үшін болатты модификациялау 62

**Зингер А. А., Жакупов А. Н., Богомолв А. В.**  
Deform 3D-де компьютерлік модельдеуді қолдана отырып болаттың механикалық қасиеттерін болжау 71

**Шабанов Е. Ж., Мұздыбаев Д. Р., Байсанов А. С., Жакудаева А. К., Төлеуқадыр Р. Т.**  
Кремний-алюминий-хром феррокорытпасын балқытуда термодинамикалық есептеулерді «ТЕРРА» бағдарламалық кешенін пайдалана отырып талдау 81

**АЗЫҚ-ТҮЛІК ӨНІМДЕРІН ӨНДІРУ**

**Агибаева А. Ж., Гаврилова Н. Б.**  
Инновациялардың заманауи аспектілерін кешенді талдау және мамандандырылған сүт өнімдері технологияларының перспективаларын бағалау 91

**Искакова Б. Б.**  
Ешкі сүтінен алынған ақуызды өнімнің сақтау қабілетілігін зерттеу 99

**Майоров А. А.**  
Пробиоттық қасиеттері бар сүзбе өндіру технологиялары 108

**Хажметова З. Л., Шекихачев Ю. А., Хажметов Л. М., Шекихачева Л. З.**  
Жаңалық басқару құрылғының әзірлеу арқылы жүгірі дастығын орындан кейін өңдеу технологиясын жетілдіру 115

**ҚҰРЫЛЫС**

**Владимиров Д. В., Булыга Л. Л., Никифорова В. Г.,  
Ахметова А. А., Менендес Пидал И.**  
Екібастұздың ГРЭС-2 күл негізіндегі қуысты бетон 131

**КӨЛІК**

**Гаврилов П., Иванов В., Горбачев Д.**  
VAE айқаспалы тізбеден келтірілген зиянды зерттеу 142  
**Зарипов Р. Ю., Сембаев Н. С., Машим Ә. С., Калияшев Б. С.,  
Абильдинов Э. Р.**  
Автокөліктің рулы мен суспензиясын диагностикалаудың  
оқу стендін жасау 155  
**Нұржауов А.**  
Автомобильдің қарқынды қозғалысын зерттеу 166  
**Нүсіпбек Ж. Т., Жаркенов Н. Б., Қоңқыбаева А. Н.,  
Сәрсенбаев Д. Н., Мукашева А. Р.**  
Көлік құралының қауіпсіздігі 178

**ХИМИЯЛЫҚ ЖӘНЕ МҰНАЙ-ГАЗ ИНЖЕНЕРИЯСЫ**

**Рахимова З. Ж., Жапаргазинова К. Х.**  
Мұнай фракциялары гидротазалау процесінің катализаторының  
жұмысы үшін шикізаттардағы қоспалардың әсерін зерттеу 187  
**Таңжарықов П. А., Амангельдиева Г. Б., Тлеуберген А. Ж.,  
Байкожин А. Н.**  
Күкірт қышқылы өндірісіндегі техникалық жүйелердің  
сенімділігін арттыру 196  
**Толегенов Д. Т., Елубай М. А., Кулумбаев Н. К.,  
Тюлюбаев Р. А., Толегенова Д. Ж.**  
Павлодар облысының энергетика және металлургия к  
әсіпорындарының технологиялық қалдықтарының  
технологиялық қасиеттерін анықтау 208

Біздің мерейтой иелері 220

Авторлар туралы ақпарат 226

Авторларға арналған ережелер 238

Жариялау этикасы 248

**СОДЕРЖАНИЕ****МАШИНОСТРОЕНИЕ**

**Барзов А. А., Пузаков В. С.**  
Модель технико-экономической оптимизации этапов формирования  
и эксплуатации производственных объектов 9  
**Галиновский А. Л., Чжо Мьо Хтет, Колпаков В. И.**  
Численное 3D-моделирование процесса высокоскоростного распыления 20  
**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 28  
**Оспантаев М. К.**  
Геометрические параметры безвершинного проходного  
резца в инструментальной системе координат 40

**МЕТАЛЛУРГИЯ**

**Артамонов В. В.**  
Получение реплик для металлографических исследований  
методом цементации 52  
**Быков П. О., Тусупбекова М. Ж., Абсолямова Д. Р., Дейграф И. Э.**  
Модифицирование стали для производства бесшовных труб 62  
**Зингер А. А., Жакупов А. Н., Богомоллов А. В.**  
Прогнозирование механических свойств стали с использованием  
компьютерного моделирования в Deform 3D 71  
**Шабанов Е. Ж., Мұздыбаев Д. Р., Байсанов А. С.,  
Жакудаева А. К., Төлеуқадыр Р. Т.**  
Анализ термодинамических расчетов выплавки кремний-алюминий-  
хромового ферросплава, выполненных с использованием  
программного комплекса «ТЕРРА» 81

**ПРОИЗВОДСТВО ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ**

**Агибаева А. Ж., Гаврилова Н. Б.**  
Комплексный анализ современных аспектов инноваций и оценка  
перспектив технологий специализированных молочных продуктов 91  
**Искакова Б. Б.**  
Исследование хранимостпособности белкового продукта козьего молока 99  
**Майоров А. А.**  
Технологии производства творога с пробиотическими свойствами 108  
**Хажметова З. Л., Шекихачев Ю. А., Хажметов Л. М.,  
Шекихачева Л. З.**  
Повышение эффективности рециркуляции отработавших  
газов в дизелях 115

**СТРОИТЕЛЬСТВО**

- Владимиров Д. В., Булыга Л. Л., Никифорова В. Г.,  
Ахметова А. А., Менендес Пидал И.**  
Ячеистый бетон на основе золы Экибастузской ГРЭС-2 131

**ТРАНСПОРТ**

- Гаврилов П., Иванов В., Горбачев Д.**  
Изучение ущерба от перекрестного пересечения VAE 142
- Зарипов Р. Ю., Сембаев Н. С., Машим Ә. С., Калияшев Б. С.,  
Абильдинов Э. Р.**  
Разработка учебного стенда диагностики рулевого  
управления и подвески автомобиля 155
- Нуржауов А.**  
Исследование процесса разгона автомобиля 166
- Нүсіпбек Ж. Т., Жаркенов Н. Б., Қоңқыбаева А. Н.,  
Сәрсенбаев Д. Н., Мукашева А. Р.**  
Безопасность транспортных средств 178

**ХИМИЧЕСКАЯ И НЕФТЕГАЗОВАЯ ИНЖЕНЕРИЯ**

- Рахимова З. Ж., Жапаргазинова К. Х.**  
Исследование влияния примесей в сырье на работу  
катализатора процесса гидроочистки нефтяных фракций 187
- Таңжарықов П. А., Амангельдиева Г. Б., Тлеуберген А. Ж.,  
Байкожин А. Н.**  
Повышение надежности технических систем  
производства серной кислоты 196
- Толегенов Д. Т., Елубай М. А., Кулумбаев Н. К.,  
Тюлюбаев Р. А., Толегенова Д. Ж.**  
Определение технологических свойств техногенных отходов  
предприятий энергетики и металлургии Павлодарского региона 208
- Наши юбиляры 220
- Сведения об авторах 226
- Правила для авторов 238
- Публикационная этика 248

**CONTENTS****MECHANICAL ENGINEERING**

- Barzov A. A., Puzakov V. S.**  
Techno-economic optimization model of production facilities  
formation and operation stages 9
- Galinovskiy A. L., Kyaw Myo Htet, Kolpakov V. I.**  
Numerical 3d modeling of the process of high-speed spraying 20
- 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 28
- Ospantaev M. K.**  
Geometric parameters of a peakless cutting tool in the instrumental  
coordinate system 40

**METALLURGY**

- Artamonov V. V.**  
Obtaining replicas for metallographic studies by cementation 52
- Bykov P. O., Tussupbekova M. Zh., Absolyamova D. R., Deygraf I. E.**  
Modification of steel for the production of seamless pipes 62
- Zinger A. A., Zhakupov A. N., Bogomolov A. V.**  
Predicting steel mechanical properties using  
computer modeling in Deform 3D 71
- Shabanov Ye., Muzdybaev D., Baisanov A.,  
Zhakudaeyva A., Toleukadyr R. T.**  
Analysis of the thermodynamic calculations of melting silicon-aluminum-  
chromium alloy, made with the use of software complex «TERRA» 81

**FOOD PRODUCTION**

- Agibaeva A. Zh., Gavrilova N. B.**  
Comprehensive analysis of modern aspects of innovation and evaluation  
of the prospects of specialized dairy products technologies 91
- Iskakova B.**  
Research of storage capacity of goat milk protein product 99
- Mayorov A. A.**  
Technologies for producing cottage cheese with probiotic properties 108
- Khazhmetova Z., Shekikhachev Yu., Khazhmetov L., Shekikhacheva L.**  
Improvement of technology of post-harvest corn processing  
with development of innovative threshing mechanism 115

**CONSTRUCTION**

- Vladimirov D. V., Bulyga L. L., Nikiforova V. G., Ahmetova A. A., Menendes Pidal I.**  
Cellular concrete based on ash of Ekibastuz GRES-2 131

**TRANSPORT**

- Gavrilovs P., Ivanovs V., Gorbacovs D.**  
Study of damage to VAE cross crossing 142
- Zaripov R. Y., Sembaev N. S., Mashim A. S., Kaliyashev B. S., Abildinov E. R.**  
Development of a training stand for vehicle steering and suspension diagnostics 155
- Nurzhauov A.**  
Investigation of the speed-up of the car 166
- Nusupbek Zh. T., Zharkenov N. B., Kongkybayeva A. N., Sarsenbayev D. N., Mukasheva A. R.**  
Ensuring the safety of vehicles 178

**CHEMICAL AND PETROLEUM ENGINEERING**

- Rakhimova Z. Zh., Zhapargazinova K. K.**  
Study of the effect of impurities in raw materials for the operation of the catalyst of the process of hydrotreatment of oil fractions 187
- Tanzharikov P. A., Amangeldieva G. B., Tleubergen A. J., Baikozhin A. N.**  
Improving the reliability of technical systems for the production of sulfuric acid 196
- Tolegenov D. T., Yelubai M. A., Kulumbaev N. K., Tyulyubaev R. A., Tolegenova D. J.**  
Determination of technological properties of technogenic waste from energy and metallurgy enterprises of the Pavlodar region 208
- Our anniversaries 220
- Information about the authors 226
- Rules for authors 238
- Publication ethics 248

**МАШИНОСТРОЕНИЕ**

МРНТИ 55.13.17

<https://doi.org/10.48081/IHDS1857>**А. А. Барзов<sup>1</sup>, \*В. С. Пузаков<sup>2</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**МОДЕЛЬ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ЭТАПОВ ФОРМИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ**

*Разработка и детализация общего математически формализованного подхода к минимизации суммарных затрат на реализацию ключевых этапов жизненного цикла таких параметрически-вариативных систем является значимым, но во многом латентным резервом повышения их функционального качества. Наличие данного минимума, как правило, объясняется следующей противоречивой тенденцией изменения результирующей стоимости этапов создания и эксплуатации самых различных систем, которая в свою очередь зависит от эффективности принимаемых конструкторско-технологических решений. Вопрос о целесообразности масштабного применения на практике любых конструкторско-технологических решений инновационного характера, за редким исключением, не может быть решен без предикативной оценки их технико-экономической эффективности. Поэтому разработка моделей, позволяющих осуществить данную проектно-необходимую процедуру, является актуально-значимой для всех отраслей реальной экономики.*

*Предложена модель, позволяющая осуществить формализованную процедуру поиска оптимального соотношения между затратами на формирование и эксплуатацию производственных объектов. Модель обеспечивает возможность определения минимальной функционально-технологической себестоимости данных ключевых этапов жизненного цикла этих и технически аналогичных объектов. Приведен пример численной реализации модели с использованием в качестве оптимизируемого параметра уровня тепловых потерь при транспортировке тепловой энергии.*

*Ключевые слова: конструкторско-технические решения; предмет рассмотрения; экспертно-критериальный анализ.*

**Введение**

Проблема поиска рациональной соотносительности между затратами на этапах создания и эксплуатации сложных физико-технических систем фактически сводится к решению следующей оптимизационно-стоимостной задачи [1–7]. Необходимо путём варьирования одного или нескольких основных

функциональных параметров анализируемой системы обеспечить минимальную суммарную стоимость основных этапов её создания и последующей эксплуатации, в том числе ремонтно-восстановительных работ. К характерным примерам таких систем можно отнести совокупность различных узлов трения, некоторые высокоответственные строительные и иные конструкции, а также многообразие объектов промышленности, например, на источниках генерации тепловой энергии и её транспорта потребителям. Поэтому разработка и детализация общего математически формализованного подхода к минимизации суммарных затрат на реализацию ключевых этапов жизненного цикла таких параметрически-вариативных систем является значимым, но во многом латентным резервом повышения их функционального качества. Причём, наличие данного минимума, как правило, объясняется следующей противоречивой тенденцией изменения результирующей стоимости этапов создания и эксплуатации самых различных систем, которая в свою очередь зависит от эффективности принимаемых конструкторско-технологических решений (КТР). Например: нанесение износостойких покрытий на контактные поверхности узлов трения повышает стоимость их изготовления, но снижает эксплуатационные затраты; применение более качественных строительно-дорожных материалов сопровождается увеличением стоимости возводимых объектов, однако уменьшает затраты на ремонтно-восстановительные работы и т.д. Поэтому разработка математической модели, позволяющей комплексно минимизировать стоимость этапов формирования различных изделий и/или объектов, а также текущую затратность их функционирования, представляется актуальной, особенно в случае анализа потенциала ожидаемой результативности инновационных КТР.

#### Материалы и методы

Вопрос о целесообразности масштабного применения на практике любых КТР инновационного характера, за редким исключением, не может быть решен без предикативной оценки их технико-экономической эффективности. Поэтому разработка моделей, позволяющих осуществить данную проектно-необходимую процедуру, является актуально-значимой для всех отраслей реальной экономики. Применительно к промышленным теплоэнергетическим системам как характерному научно- и технологически ёмкому предмету рассмотрения (ПР), в котором возможна комплексная реализация функционально-вариативного потенциала различных физико-технических инноваций, необходимо выделить два условно независимых доминантных слагаемых в большинстве технико-экономических моделей оценки эффективности универсально многоплановых и/или специализированных КТР.

Первое слагаемое затрат на реализацию процесса теплоснабжения потребителей непосредственно связано со стоимостью генерации тепловой энергии, в частности ценой нагрева теплоносителя, обычно подготовленной для этого технически чистой воды. Второе слагаемое обусловлено капитальными затратами на создание инфраструктуры для транспорта тепловой энергии. Причём, первое слагаемое является необходимым, а второе – фактически достаточным

условием теплообеспечения конкретных потребителей. Ключевым, безусловно выполняемым требованием, к системе генерации и транспортировки тепловой энергии является наличие у потребителя теплоносителя необходимой температуры и расхода. Очевидно, что снижение теплотерь по пути транспортировки тепловой энергии, а также увеличение КПД процесса генерации тепла являются основными резервами повышения технико-экономической эффективности систем теплоснабжения в целом.

Анализ показал, что наиболее реалистичным направлением снижения эксплуатационно-технологической стоимости транспорта тепловой энергии потребителю следует считать совершенствование теплосетей путем повышения их функционального КПД, который интегрально можно определить как:

$$\alpha = (t_n - t_k) / l, \quad (1)$$

где  $\alpha \sim \text{const}$  – параметр, комплексно характеризующий функциональное качество системы транспорта тепловой энергии;

$t_n$  и  $t_k$  соответственно температуры теплоносителя на начальном (исходном) и конечном у потребителя участках данной системы;

$l$  – общая длина или протяженность теплотрассы.

Необходимо отметить следующее противоречивое обстоятельство. Действительно, снижая теплотери за счёт использования соответствующих КТР, т.е. уменьшая  $\alpha$ , стоимость теплогенерации также будет снижаться. Поэтому решение задачи гарантированного теплообеспечения потребителя становится возможным при меньшей величине  $t_n$  и, как следствие, при меньшей стоимости выработки исходной тепловой энергии, при прочих равных условиях теплоэнергетического характера. Однако, уменьшение обычно сопровождается ростом уровня капитальных затрат на применение соответствующих инновационных КТР, как правило, более высокой стоимости. В связи с этим появляется реальная возможность определения рациональной с технико-экономических позиций соотносительности между исходными затратами на создание системы теплоснабжения и эксплуатационными расходами, обусловленными требуемым уровнем её теплофункциональности. В формализованном виде вышеизложенное можно представить в виде модели, отражающей взаимовлияние совершенства применяемых КТР и их затратностью:

$$C(t_n, \alpha) = c_T \cdot \alpha^n + c_G \cdot \alpha^m, \quad (2)$$

где  $C(t_n, \alpha)$  – общая стоимость генерации и транспортировки потребителю тепловой энергии требуемого уровня, который определяется значением  $t_k$  в (1);

$c_T$  и  $c_G$  – соответственно коэффициенты, которые в исходном приближении конкретизируют величину затрат в стоимостном выражении на генерацию ( $G$ ) и транспортировку ( $T$ ) тепловой энергии;

$n$  и  $m$  – соответственно параметры рассматриваемой модели (2), которые отражают в принципе нелинейный характер связи между качеством генерации тепловой энергии и эффективностью её доставки потребителю, а также стоимостью этих ключевых теплоэнергетических процессов.

Заметим, что (–) в (2) при параметре  $m$  означает реально существующее обратно-пропорциональное влияние на капитальные затраты при строительстве теплотрасс: чем меньше тепловые потери, т.е. чем меньше  $\alpha$ , тем более совершенны используемые для достижения этого соответствующие КТР и они, как правило, больше стоят на практике.

Таким образом, взаимонаправленное изменение первого и второго слагаемых, как функции  $t_H$ , предопределяют наличие минимума  $C(t_H)$  а само выражение (2) можно рассматривать как целевую функцию оптимизации стоимости обеспечения потребителя тепловой энергией. Заметим, что в величине  $c_T$  необходимо учитывать удельные затраты на создание всех ключевых функциональных элементов системы теплоснабжения, в частности исходная стоимость строительства теплотрассы должна быть соотнесена с ресурсом её реалистичной эксплуатации. Причем, в структуру  $c_T$  и  $c_T$  несложно ввести относительную стоимость выполнения планово-профилактических и/или ремонтно-восстановительных работ, определяемую технико-экономическим качеством используемых КТР, также учесть экономическую значимость цикличности их проведения.

Для функциональной конкретизации слагаемых модели (2) проведем следующие достаточно общие рассуждения. На первом этапе анализа рассмотрим характер изменения стоимости транспорта тепловой энергии потребителю. Предположим, что было использовано чрезвычайно эффективное КТР, обеспечивающее практически полное теплосбережение выработанной тепловой энергии при её транспорте потребителю, т.е.  $\alpha \rightarrow 0$  и соответственно имеет место соотношение:  $t_K \sim t_H$ . Тогда вполне очевидно, что стоимость этого КТР, например, применение многослойной экранно-вакуумной изоляции трубопроводов теплосетей, будет чрезвычайно высока. В другом полярном варианте, при фактическом отсутствии теплоизоляции стоимость прокладки такой теплосети составит практически постоянно-минимальную величину, определяемую теплопроводностью окружающей среды, например, грунта. Поэтому общий характер изменения второго слагаемого при росте будет иметь вид, представленный кривой 1 на рисунке 1. Отличительными чертами данной зависимости являются: резкое возрастание затрат на реализацию высокоэффективных КТР, обеспечивающих весьма малое значение  $C_{min}$  в (2) и асимптотическое падение до минимального значения стоимости строительства теплотрассы при использовании низкокачественной теплоизоляции.

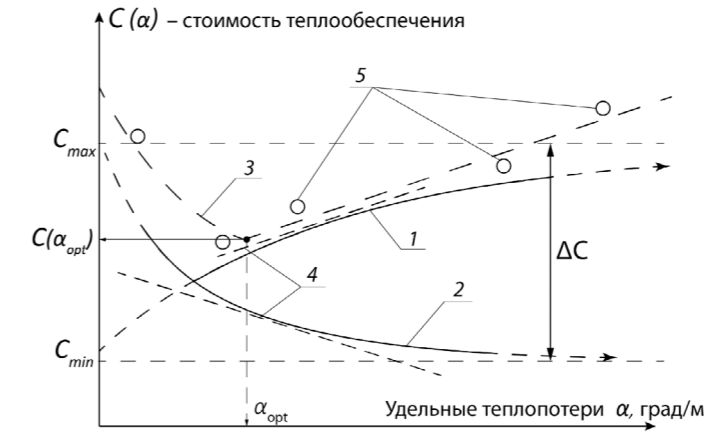


Рисунок 1 – Изменение суммарной стоимости теплообеспечения в зависимости от функционального качества теплоснабжения:

- 1 – стоимость выработки тепловой энергии с учётом тепловых потерь при её дистанционно-вариативной транспортировке;
  - 2 – изменение уровня тепловых потерь в стоимостном выражении в зависимости от технического совершенства принимаемых КТР;
  - 3 – общие (суммарные) расходы на теплоснабжение конкретного потребителя тепловой энергии в стоимостном выражении;
  - 4 – линейная аппроксимация стоимостных зависимостей в области определения;
  - 5 – результаты имитационного моделирования методом Монте-Карло;
- $\Delta C = C_{max} - C_{min}$  – технологически обусловленный интервал изменения теплоэнергетических затрат в стоимостном выражении

### Результаты и обсуждение

В соответствии с результатами данного предварительного анализа влияния  $\alpha$  – своеобразного коэффициента тепловых потерь, на втором этапе технико-экономического моделирования рассмотрим характер изменения стоимости генерации тепловой энергии. В этом случае, при малом и низком уровне потерь при транспорте тепловой энергии расходы на её генерацию будут минимальны, так как значение  $t_K$  будет достаточно близко к требуемой величине  $t_k$  – температуре теплоносителя у потребителя. Причём, при больших тепловых потерях, изменение затрат на генерацию тепла также асимптотически возрастает до некоторого максимального значения  $C_{max}$ , при этом общая тенденция изменения должна определяться нелинейной зависимостью типа 2, как показано на рисунке 1.

Исходя из полученных феноменологическим путём функциональных конкретизаций взаимонаправленного изменения первого и второго слагаемых модели (1), общий вид зависимости стоимости теплообеспечения  $C(t_K)$  будет определяться кривой 3 (рисунке 1), которая должна иметь достаточно чётко выраженный минимум, определяемый оптимальным значением  $\alpha_{opt}$ . Причем, условно на данном иллюстративном рисунке позиция  $C_{min}$  совпадёт для кривых 1 и 2, хотя на практике это лишь частный случай изменения функций затратности  $c_T(\alpha)$  и  $c_T(\alpha)$ .

Очевидно, что для определения конкретного значения  $\alpha_{opt}$  необходимо выполнение условия поиска экстремума (*min*) целевой функции  $C(t_H)$ , которое имеет вид:

$$\frac{\partial C(t_H, \alpha)}{\partial \alpha} = \frac{\partial}{\partial \alpha} [c_G \cdot \alpha^n + c_T \cdot \alpha^m] = 0 \rightarrow \alpha_{opt}. \quad (3)$$

Приведём пример реализации процедуры поиска  $\alpha_{opt}$ . Для определенности положим, что  $c_G \sim c_T$  и  $n \sim m \sim 1,0$ . Тогда, выполнив тривиальные преобразования с учётом данных значений  $c_G, c_T, n$  и  $m$ , из решения (3) окончательно получим:

$$\alpha = 1,0. \quad (4)$$

Конечно, рассмотренный пример имеет иллюстрированный характер и при более реалистичном варианте расчёта  $\alpha_{opt}$ , в частности, в случае если  $c_G = k^2 c_T$ : где  $k > 0,1$  – коэффициент соотносительности между удельной стоимостью создания теплоэнергетической системы и эксплуатационными, т.е. текущими затратами на теплогенерацию, из (3) будем иметь:

$$\alpha = k^{-1} < 1,0. \quad (5)$$

Причем, (5) отражает хорошо известный факт, что суммарная стоимость выработки и передачи потребителю тепловой энергии за период регламентированного существования теплоэнергетической инфраструктуры должна превосходить затраты на её создание.

Таким образом, модель вида (2) и выражение (3) позволяют, в случае адекватной численной конкретизации, входящих в данные соотношения параметров, например, расчётно-статистическим путём определить оптимальный уровень тепловых потерь в рассматриваемой структуре теплоснабжения по критерию минимума стоимостных затрат на обеспечение функционирования системы генерации и транспорта тепловой энергии потребителю.

Необходимо подчеркнуть, что более представительным, по сравнению с предлагаемой детерминированной теплоэнергетической моделью вида (2) и её возможных модификаций, следует считать вероятностный подход к определению оптимального значения по экономическому критерию стоимости функционирования анализируемой системы теплообеспечения на всех этапах её жизненного цикла. Это объясняется недостатками конкретизации в замкнутом числовом виде всех входящих в структуру модели параметров и трудноформализуемых значительным количеством во многом латентных взаимосвязей между ними. Поэтому используем для расширения функциональных возможностей предикативного моделирования вероятностный подход, подробно рассмотренный в [8–11]. Для этого возможным и физически обусловленным теплопотерям придадим вероятностный смысл. Например, для некоторого

значения  $\alpha$  стоимостные характеристики в (2)  $c_G(\alpha)$  и/или  $c_T(\alpha)$  будут означать вероятность достижения анализируемыми параметрами структурно-определённых затрат, которые должны соответствовать конкретным ценовым уровням. Тогда, в соответствии с этим предположением, общевероятностные функционально-стоимостные зависимости в (2) примут вид:

$$P_G(\alpha) = \Delta C \cdot [1 - \exp(-k_G \alpha)] + C_{min}; \quad (6)$$

$$P_T(\alpha) = \Delta C \cdot \exp(-k_T \alpha) + C_{min}, \quad (7)$$

где  $k_G$  и  $k_T$  – соответственно параметры, характеризующие степень влияния на зависимости  $c_G(\alpha)$  и  $c_T(\alpha)$ ;

$\Delta C = C_{max} - C_{min}$  – реалистичный интервал изменения слагаемых затрат на теплообеспечение, как в графическом виде показано на рисунке 1.

Заметим, что в (6) и (7) проведена соответствующая квазинормировка параметров, изменяющая масштаб варьирования вероятностных параметров. В частности, их сумма не превышает значения:  $C_{max} + C_{min}$ , что соответствует логически формализованному содержанию анализируемого ПР в виде технико-экономических характеристик системы генерации и транспорта тепловой энергии конкретному потребителю.

Подстановка (6) и (7) в (3) после линеаризации даёт следующее значение  $\alpha_{opt}$ :

$$\alpha_{opt} = (k_G - k_T) / (k_G^2 - k_T^2). \quad (8)$$

Интерес представляет тот факт, что согласно приближенному выражению (8), основное влияние на  $\alpha_{opt}$  оказывают интенсивности изменения  $P_G(\alpha)$  и  $P_T(\alpha)$ , а не их абсолютные стоимостные значения.

Основным преимуществом вероятностно-стоимостного анализа модели вида (2) с учётом (6) и (7) является возможность проведения численного квазиэкспериментального изучения влияния исходных параметров на результирующую стоимость теплообеспечения путём реализации стандартной процедуры имитационного моделирования, например методом Монте-Карло. На рисунке 1 показан характер типового изменения параметров модели (2), а также некоторые расчётные данные, полученные имитационным моделированием. Заметим, что в вероятностной постановке задачи определения стоимости теплоснабжения более эффективно можно использовать результаты экспертно-критериального анализа (ЭКА) характера изменения зависимостей типа (6) и (7), а численные значения  $C_{max}$  и  $C_{min}$  для их конкретизирующего масштабирования определяются из имеющихся статистических баз данных.

#### Выводы

В результате выполненного анализа можно предложить следующий алгоритм оптимизации стоимостных затрат на реализацию всех ключевых этапов жизненного цикла типовых и перспективных систем теплоснабжения, который сводится к выполнению следующих вычислительных позиций:



1 По имеющимся статистическим данным, а также используя результаты ЭКА, определяются параметры детерминированной модели типа (2) и/или по сути её вероятностного аналога с учётом функциональных соотношений (6) и (7). Причём, обеспечить сопоставимость результатов моделирования можно путём соответствующей модернизации исходных зависимостей, например, за счёт уточнения параметра в модели (2) в виде:  $\bar{\alpha} = C_{max}/(1 - \alpha)$ , что практически совместит детерминированное и вероятностное описание анализируемых стоимостных соотношений.

2 По стандартной процедуре поиска экстремального (min) значения целевой функции в виде модели (2), а также с учётом её вероятностной интерпретации (6) и (7) определяется экономически оптимальное значение, которому соответствуют определенные КТР по обеспечению рационально-допустимого уровня теплотерь.

3 Полученное значение  $\alpha_{opt}$  используется для оценки эффективности принимаемых проектно-технических решений на ранних этапах жизненного цикла различных объектов теплоэнергетического профиля.

Таким образом, по мере многократной и по сути верификационной реализации, предлагаемого алгоритма определения экономически рациональных КТР, полученные результаты войдут в соответствующие табулированные базы данных. Эти базы данных, содержащие необходимые для предикативных расчётов сведения, станут основой для разработки предметно конкретизированной валидированной инженерной методики обоснованного выбора проектно-технических решений, которая по мере использования может быть автоматизирована путём создания целевого программно-математического продукта. При этом особое внимание следует уделить КТР по обеспечению ресурсных параметров объектов теплоснабжения, определяющим образом влияющих на их технико-экономическое совершенство.

В заключение отметим, что предлагаемый подход и, особенно, его вероятностная интерпретация могут оказаться достаточно результативными при технико-экономическом анализе и оптимизации затратности этапов создания и функционирования других технически сложных систем различного назначения, в том числе с учётом их ресурсно-эксплуатационных параметров.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Барзов, А. А., Корнеева, В. М., Корнеев, С. С. Вероятностная оценка качества инноваций на ранних этапах их жизненного цикла // Качество и жизнь. – 2018. – № 12. – С. 94–100.

2 Барзов, А. А., Корнеева, В. М., Корнеев, С. С. Вероятностное моделирование кинетики процесса обеззараживания жидкостей при их ультраструйной гидрофизической обработке // Качество и жизнь. – 2018. – № 12. – С. 311–317.

3 Барзов, А. А., Корнеева, В. М., Корнеев, С. С., Феофанов, А. Н. Вероятностный анализ результативности экспертизы ранних этапов жизненного

цикла высокотехнологической продукции // Вестник МГТУ «Станкин». – 2020. – № 2 (53). – С. 14–18.

4 Барзов, А. А., Корнеева, В. М., Феофанов, А. Н. Экспертиза информационно-диагностических возможностей формообразующих технологий // Вестник МГТУ «Станкин». – 2020. – № 1 (52). – С. 7–12.

5 Барзов, А. А., Кузнецов, А. В., Сысоев, Н. Н. Физические S-технологии. – М. : МГУ имени М.В. Ломоносова. Физический факультет. – 2021. – 233 с.

6 Азгальдов, Г. Г., Азгальдова, Л. А. Количественная оценка качества (Квалиметрия). Библиография. – М. : Изд-во стандартов. – 1971 г.

7 Азгальдов, Г. Г. Теория и практика оценки качества товаров (основы квалиметрии). – М. : Экономика, 1982. – 256 с.

8 Барзов, А. А., Ветлинская, М. В., Сысоев Н. Н. Предиктивное моделирование трудноформализуемых категорий. М. : МГУ имени М. В. Ломоносова. Физический факультет, 2021. – 274 с.

9 Барзов, А. А., Денчик, А. И., Прохорова М. А., Сысоев, Н. Н. Масштабный фактор (феноменология и физико-технологические применения). М. : МГУ имени М. В. Ломоносова. Физический факультет, 2021. – 194 с.

10 Барзов, А. А., Пузаков, В. С. Вероятностная модель предиктивной оценки экономической эффективности экспертизы проектов и инноваций // Наука и техника Казахстана. – 2021. – № 4.

11 Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика. – М. : Высшая школа, 2004. – 479 с.

#### REFERENCES

1 Barzov, A. A., Korneyeva, V. M., Korneyev, S. S. Veroyatnostnaya otsenka kachestva innovatsiy na rannikh etapakh ikh zhiznennogo tsikla [Probabilistic assessment of the quality of innovations at the early stages of their life cycle] // Quality and life. – 2018. – No. 12. – P. 94–100.

2 Barzov, A. A., Korneyeva, V. M., Korneyev, S. S. Veroyatnostnoye modelirovaniye kinetiki protsessa obezzarazhivaniya zhidkostey pri ikh ul'trastruynoy gidrofizicheskoy obrabotke [Probabilistic modeling of the kinetics of the process of disinfection of liquids during their ultrajet hydrophysical treatment] // Quality and life. – 2018. – No. 12. – P. 311–317.

3 Barzov, A. A., Korneyeva V. M., Korneyev, S. S., Feofanov, A.N. Veroyatnostnyy analiz rezul'tativnosti ekspertizy rannikh etapov zhiznennogo tsikla vysokotekhnologicheskoy produktsii [Probabilistic analysis of the effectiveness of the examination of the early stages of the life cycle of high-tech products] // Bulletin of the MSTU «Stankin». – 2020. – No. 2 (53). – P. 14–18.

4 Barzov, A. A., Korneyeva, V. M., Feofanov, A. N. Ekspertiza informatsionno-diagnosticheskikh vozmozhnostey formoobrazuyushchikh tekhnologiy [Examination of information and diagnostic capabilities of form-building technologies] // Bulletin of MSTU «Stankin». – 2020. – No. 1 (52). – P. 7–12.

5 **Barzov, A. A., Kuznetsov, A. V., Sysoyev, N. N.** Fizicheskiye S-tekhnologii [Physical S-technologies]. – Moscow : Moscow State University named after M. V. Lomonosov. Faculty of Physics, 2021. – 233 p.

6 **Azgal'dov, G. G., Azgal'dova, L. A.** Kolichestvennaya otsenka kachestva (Kvalimetriya) [Quantitative assessment of quality (Qualimetry)]. – Bibliography. – Moscow : Publishing house of standards, 1971.

7 **Azgal'dov, G. G.** Teoriya i praktika otsenki kachestva tovarov (osnovy kvalimetrii) [Theory and practice of assessing the quality of goods (basics of qualimetry)]. – Moscow : Economics, 1982. – 256 p.

8 **Barzov, A. A., Vetlinskaya, M. V., Sysoyev, N. N.** Prediktivnoye modelirovaniye trudnoformalizuyemykh kategoriy [Predictive modeling of difficult-to-formalizable categories]. – Moscow : Moscow State University named after M. V. Lomonosov. Faculty of Physics, 2021. – 274 p.

9 **Barzov, A. A., Denchik, A. I., Prokhorova, M. A., Sysoyev, N. N.** Masshtabnyy faktor (fenomenologiya i fiziko-tekhnologicheskiye primeneniya) [Scale factor (phenomenology and physico-technological applications)]. – Moscow : Moscow State University named after M.V. Lomonosov. Faculty of Physics, 2021. – 194 p.

10 **Barzov, A. A., Puzakov, V. S.** Veroyatnostnaya model' prediktivnoy otsenki ekonomicheskoy effektivnosti ekspertizy proyektov i [A probabilistic model of predictive assessment of the economic efficiency of the examination of projects and innovations] // Science and Technology of Kazakhstan. – 2021. – No. 4.

11 **Gmurman, V. Ye.** Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika [Theory of Probability and Mathematical Statistics]. – Moscow : Higher school, 2004. – 479 p.

Материал поступил в редакцию 17.03.22.

**A. A. Barzov<sup>1</sup>, \*V. S. Puzakov<sup>2</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. Материал баспаға 17.03.22 түсті.

### ӨНДІРІСТІК ОБЪЕКТІЛЕРДІ ҚАЛЫПТАСТЫРУ ЖӘНЕ ПАЙДАЛАНУ КЕЗЕҢДЕРІН ТЕХНИКАЛЫҚ- ЭКОНОМИКАЛЫҚ ОҢТАЙЛАНДЫРУ МОДЕЛІ

Мұндай параметрлік-вариативті жүйелердің өмірлік циклінің негізгі кезеңдерін іске асырудың жалпы шығындарын азайтудың жалпы математикалық формализацияланған тәсілін әзірлеу және нақтылау маңызды, бірақ көбінесе олардың функционалды сапасын жақсартудың жасасырын резерві болып табылады. Бұл минимумның болуы, әдетте, әртүрлі жүйелерді құру және пайдалану кезеңдерінің алынған құнын өзгертудің келесі қарама-қайшылықты тенденциясымен түсіндіріледі, бұл өз кезегінде қабылданған дизайн және технологиялық шешімдердің тиімділігіне байланысты. Инновациялық сипаттағы кез келген конструкторлық-

технологиялық шешімдерді практикада ауқымды қолданудың орындылығы туралы мәселе, сирек жағдайларды қоспағанда, олардың техникалық-экономикалық тиімділігін предикативті бағалаусыз шешілмейді. Сондықтан, осы жобалық-қажетті процедураны жүзеге асыруға мүмкіндік беретін модельдерді әзірлеу нақты экономиканың барлық салалары үшін маңызды болып табылады.

Өндіріс объектілерін қалыптастыру мен пайдалану шығындары арасындағы оңтайлы қатынасты іздеудің формальды процедурасын жүзеге асыруға мүмкіндік беретін модель ұсынылған. Модель осы және техникалық жағынан ұқсас объектілердің өмірлік циклінің осы негізгі кезеңдерінің минималды Функционалды және технологиялық құнын анықтауға мүмкіндік береді. Жылу энергиясын тасымалдау кезінде жылу шығыны деңгейінің оңтайландырылған параметрі ретінде модельді сандық іске асырудың мысалы келтірілген.

Кілтті сөздер: конструкторлық - техникалық шешімдер; қарау нысанасы; сараптамалық-критериалдық талдау.

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

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

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

Material received on 17.03.22.

### TECHNO-ECONOMIC OPTIMIZATION MODEL OF PRODUCTION FACILITIES FORMATION AND OPERATION STAGES

The development and detailing of a general mathematically formalized approach to minimizing the total costs of implementing key stages of the life cycle of such parametric-variable systems is a significant, but largely latent reserve for improving their functional quality. The existence of this minimum is usually explained by the following contradictory trend of changing the resulting cost of the stages of creation and operation of a wide variety of systems, which in turn depends on the effectiveness of the design and technological decisions taken. The question of the feasibility of large-scale application in practice of any design and technological solutions of an innovative nature, with few exceptions, cannot be resolved without a predictive assessment of their technical and economic efficiency. Therefore, the development of models that allow the implementation of this design-necessary procedure is relevant for all sectors of the real economy.

A model is proposed that enables to carry out a formalized procedure for finding the optimal ratio between the costs of forming and operating production facilities. The model allows you to determine the minimum functional and technological cost of these key stages of the life cycle of these and technically similar objects. An example of a numerical implementation of the model using the level of thermal losses during heat energy transportation as an optimizable parameter is given.

Keywords: design and technical solutions; subject of consideration; expert-criterion analysis.

\*A. L. Galinovskiy<sup>1</sup>, Kyaw Myo Htet<sup>2</sup>, V. I. Kolpakov<sup>3</sup>

Bauman State Technical University, Russian Federation, Moscow

**NUMERICAL 3D MODELING OF THE PROCESS OF HIGH-SPEED SPRAYING**

The article is devoted to the formation of a spray cloud after the interaction of an ultrajet with an obstacle. Variants of different mutual arrangement of the ultrajet and the surface on which the impact occurs are considered. Evaluation of the effectiveness of the choice of angle is carried out by analyzing the values of the coverage area of the target with a spray, set at a fixed distance from the impact site. It is accepted that a large contact area of the spray with the target surface is the best possible result.

The research was carried out within the framework of the RFBR grants 18-29-18081 and 19-38-90228\19, the grant of the President of the Russian Federation for state support of the leading scientific schools of the Russian Federation NSh-3778.2018.8 and grants from the Innovation Promotion Foundation under the UMNIK-18 program in accordance with contract No. 14727GU/2019 and No. 14549GU/2019.

Keywords: ultrajet treatment, suspension, mathematical modeling of the process, technological parameters.

**Introduction**

At present, ultrajet processing (UJT) technologies are widely used both in machine building and in other industries. To date, new areas of application of ultrajet technology based on the well-known waterjet cutting of materials include the following: ultrajet diagnostics of metals, ceramics, composite materials, processing (sterilization) of liquids, and dispersion of hydrotechnological media.

The search for new areas of application is ongoing. So, the department of SM-12 Bauman Moscow State Technical University planned a series of theoretical and experimental work aimed at assessing the possibility of impregnating materials with a spray. Now the task is set on the basis of general ideas, and in this article we will not talk about concretization of technological ideas and potentially solvable practical issues. We will proceed from the fact that the impregnation should provide the maximum area of contact with the target. As a target, for example, a fabric stretched and installed in a frame can be considered, as shown in the calculation diagram (Fig. 1).

By preliminary mathematical modeling of the process, it is possible to optimize the parameters of the hydrosuspension and the conditions for the impact of the jet on the surface of the workpieces, primarily by the criterion of the maximum area of tissue coverage by the spray.

In this work, the modeling takes into account and considers such parameters as the density of the hydrosuspension, the diameter of the ultrajet, its velocity and the angle of contact with the front surface of the workpiece (Fig. 1), as well as the physical and mechanical characteristics of the surface of the processed material (fabric) [1–4].

The purpose of this work is to develop practical recommendations for increasing the efficiency of processing by ultra-jet spraying. The task was solved numerically by means of step-by-step modeling of the process using the equations of continuum mechanics in the environment of the ANSYS Autodyn software package (License Number: 339001).

**Material and methods**

To study the considered technology of ultrajet surface spraying, we will use the parametric scheme shown in Fig. 1.

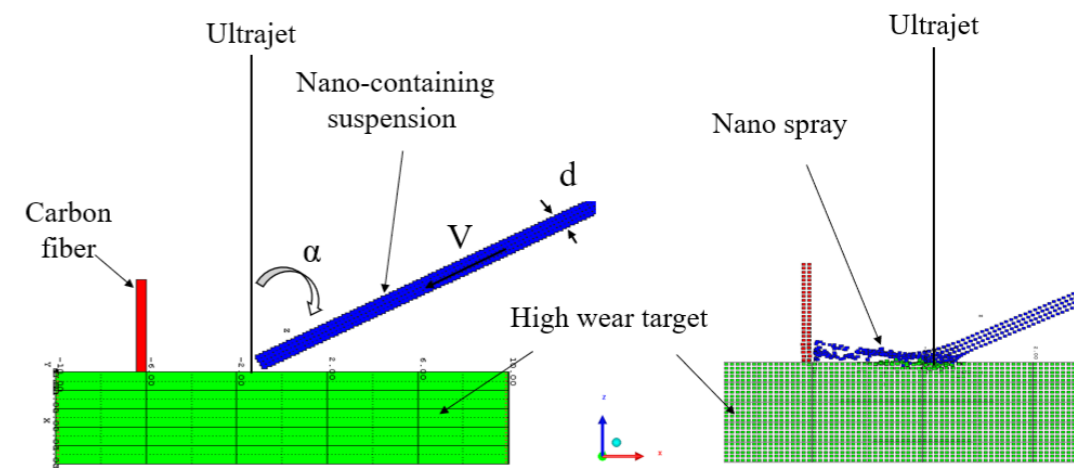


Figure 1 – Parametric diagram of the surface UJT process

d – diameter, v – jet velocity, alpha – angle (0°, 30°, 45°, 60°), t = time

The parametric scheme of the process under study is shown in fig. 1 and includes an ultrajet with a diameter d flowing out of a focusing nozzle with a velocity V at an angle alpha to a solid target. After the impact of the ultrajet on the target surface, a spray cloud is formed, which is directed towards the impregnated sample. During the study, the jet encounter angle with the workpiece was varied alpha = 0°, 30°, 45°, 60° and the ultrajet velocity v = 0.6, 0.8, 1 km/s, rho = 1.0 g/cm³ [5-7]

The process of UJT can be described by the following system of differential equations, presented in tensor form:

Law of conservation of mass:

$$\frac{d\rho}{dt} + \rho \nabla_i V^i = 0 \tag{1}$$

Law of conservation of momentum:

$$\rho \frac{dV_i}{dt} = \nabla_i \sigma_j^i = 0 \quad (2)$$

Law of energy conservation:

$$\frac{dE}{dt} = \sigma_{ij} \varepsilon^{ij} \quad (3)$$

Equation of state of interacting media:

$$p = p(\rho, E); \quad (4)$$

Kinematic relations:

$$\varepsilon_{ij} = (\nabla_i V_j + \nabla_j V_i) / 2 \quad (5)$$

Physical relationships in the form of Hooke's law:

$$D_{ij} D^{ij} \leq 2Y^2 / 3 \quad (6)$$

Stress tensor components:

$$\sigma_{ij} = -p g_{ij} + D_{ij} \quad (7)$$

Where  $\rho$  – density,  $p$  – pressure,  $E$  – specific internal energy,  $t$  – current time,  $i, j = x, y, z$  – the coordinates of the metric coordinate system,  $v_i$  – the components of the velocity vector,  $g_{ij}$  – the metric coefficients of the main basis of the chosen coordinate system,  $g_{ij} = 1$  for  $i = j$  and  $g_{ij} = 0$  otherwise,  $\sigma_{ij}$  – the components of the stress tensor,  $D_{ij}$  – the components of the stress deviator,  $\varepsilon^{*ij}$  – the strain rate tensor components.

The following relations were used as equations of state for interacting materials. For water

$$p = A_1 \mu + A_2 \mu^2 + A_3 \mu^3 + (B_0 + B_1 \mu) \rho_0 e \quad \text{at } \mu = (\rho / \rho_0 - 1) \geq 0 \quad \text{and} \\ p = T_1 \mu + T_2 \mu^2 + B_0 \rho_0 e \quad \text{at } \mu \leq 0,$$

where  $\rho_0$  are the initial and current density, as well as the compressibility of water, respectively;  $A_1 = 2.2$  GPa,  $A_2 = 9.54$  GPa,  $A_3 = 14.57$  GPa,  $B_0 = 0.28$ ,  $B_1 = 0.28$ ,  $T_1 = 2.2$  GPa,  $T_2 = 0$  GPa are empirical coefficients.

Table 1 – Physical and mechanical characteristics of the processed material

Number	Material	Density $\rho_{m0}$ , g/cm <sup>3</sup>	Volume modulus K, GPa	Shear modulus G, GPa	Yield strength Y, GPa
1	Hard alloy	3,47-3,55	550	330	0.02

To solve the problem, it is also necessary to set the initial and boundary conditions. For this, we will assume that the jet velocity at the initial moment of time is determined by the value  $V = 0.8$  km/s, which is assumed to be a constant value in the calculations. The boundary conditions for the problem under consideration within the framework of the parametric scheme (Fig. 1) can be divided into two groups. Namely: at the interface between two interacting media (water-workpiece), in the presence of contact, the equality of normal stresses and the impermeability condition are always satisfied, i.e.

$$\sigma_{ij}^{(1)} \cdot n_j = p = \sigma_{ij}^{(2)} \cdot n_j \quad \text{and} \quad V_i^{(1)} \cdot n^i = V_i^{(2)} \cdot n^i. \quad (9)$$

The set spatial problem was solved numerically by the SPH (Smoothed Particle Hydrodynamics) method in the ANSYS/AUTODYN.

### Results and discussion

The results of the calculation according to the scheme of Fig. 1 are presented in fig. 2 for different interaction angles. The images are presented for the same time  $t=30$  s.

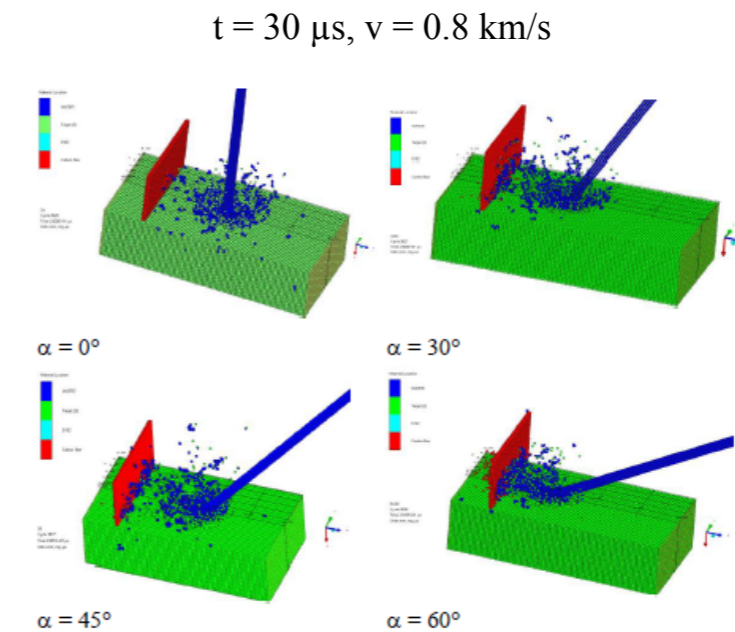


Figure 2 – The nature of ultrajet motion in the direction of the barrier (target), its impact, decay and spray formation

The interest is not the process of interaction between the ultrajet and the target surface, but the result – impregnation of the fabric material of the barrier with a spray.

On fig. 3 shows images where the hatching indicates the area of contact S of the spray and the fabric. Table 2 shows the numerical values of the areas for the considered interaction angles [6–11].

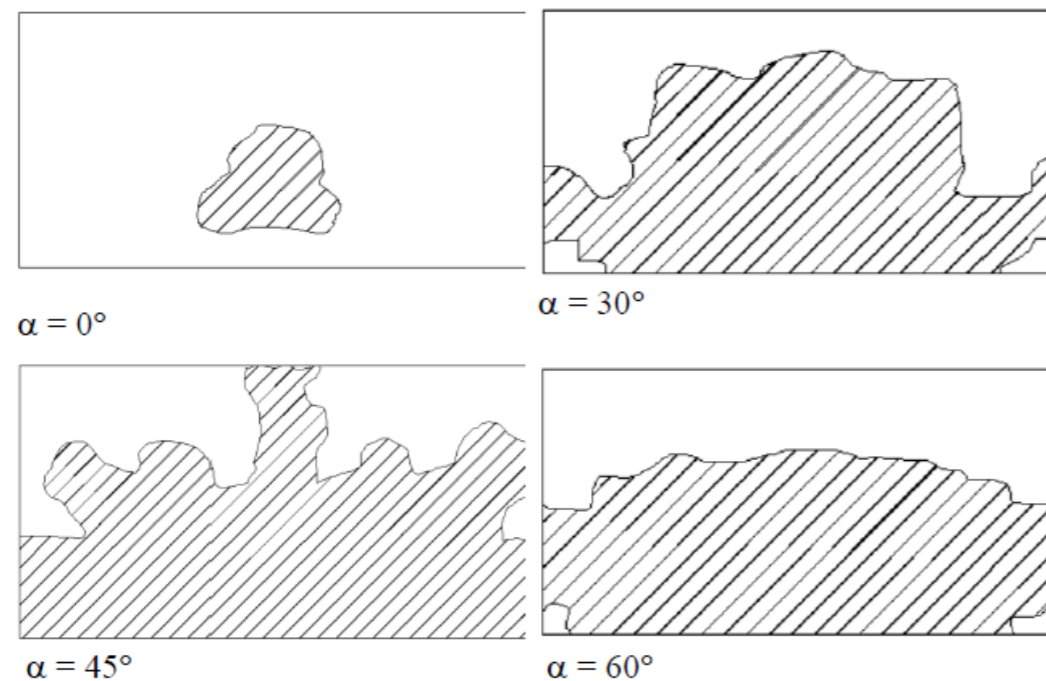


Figure 3 – Results of modeling the area of interaction between the spray and the tissue barrier

Table 2 – Simulation results - area of spray coverage of the tissue target surface

Angle	The number of particles on the surface of carbon fiber	Area
0°	123	95,667
30°	765	676,823
45°	889	817,543
60°	470	688,791

It should be noted that the simulation results make it possible to identify both the contact area and calculate the number of particles that interacted with the tissue target (Fig. 4, 5).

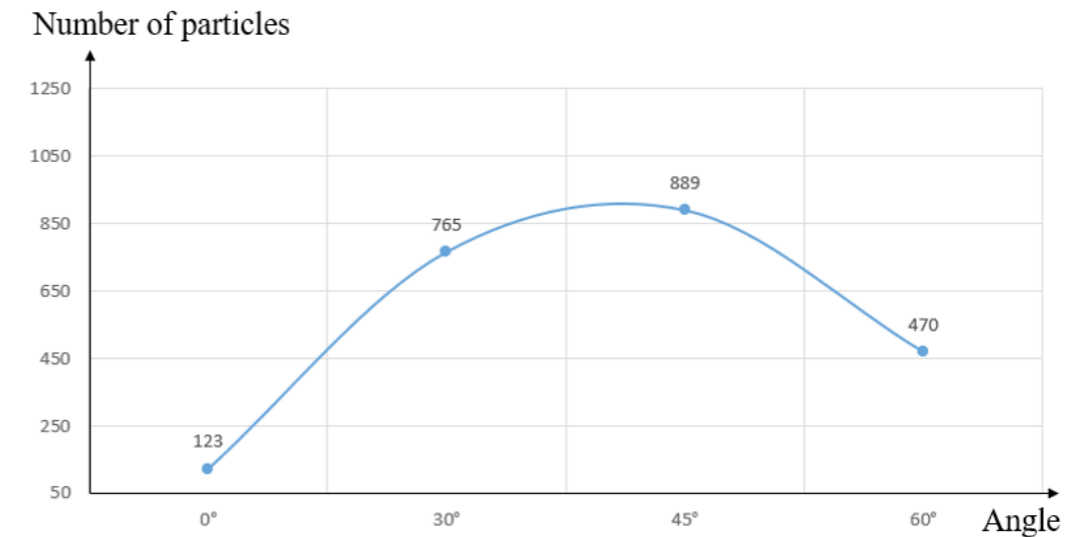


Figure 4 – Comparative results of modeling the number of particles on the surface of carbon fabric at angles of 0°, 30°, 45°, 60°

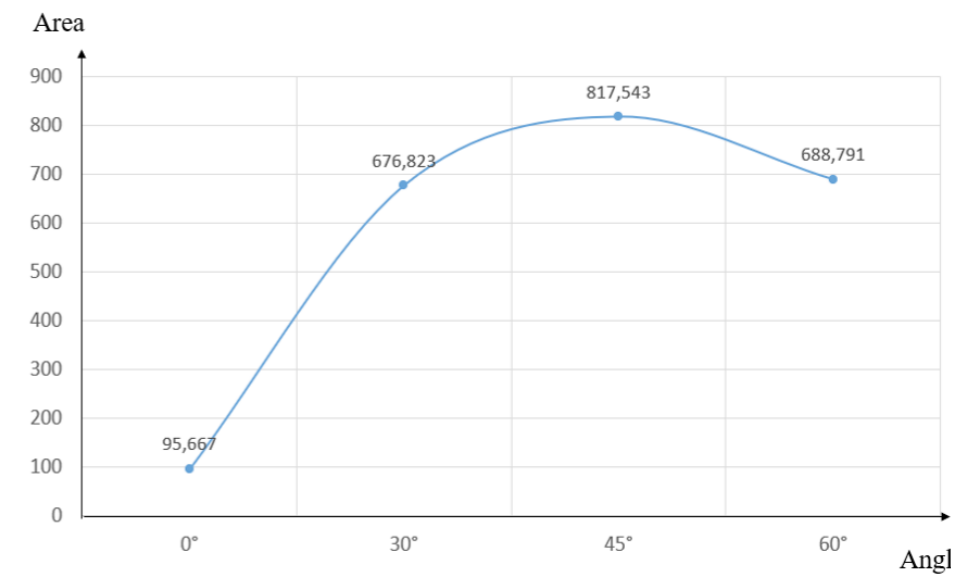


Figure 5 – Comparative results of modeling the coverage area with a nano-containing spray on the surface of carbon fabric at angles of 0°, 30°, 45°, 60°

**Financing**

The research was carried out within the framework of the RFBR grants 18-29-18081 and 19-38-90228\19, the grant of the President of the Russian Federation for state support of the leading scientific schools of the Russian Federation NSh-3778.2018.8 and grants from the Innovation Promotion Foundation under the UMNİK-18 program in accordance with contract No. 14727GU/2019 and No. 14549GU/2019.

**Conclusion**

The results of 3D modeling showed images where the hatching indicates the area of contact S of the spray and the fabric and the nature of ultrajet motion in the direction of the barrier (target), its impact, decay and spray formation. The comparative analysis results of modeling the number of particles on the surface of carbon fabric and area of spray on the surface of carbon fabric at angles of 0°, 30°, 45°, 60° are considered. The results show the maximum area and maximum number of particles on the surface of carbon fabric found at angle 45°.

**REFERENCES**

- 1 **Galinovsky, A. L.** Studying the parameters of hydrosuspensions obtained by ultrajet processing [Text] // Science and education. Electronic journal. – 2012. – No. 10.
- 2 **Babkin, A. V.** Numerical Methods in Problems of the Physics of Fast Processes : A Textbook for Technical Colleges. T.3. [Text] . – Moscow : Publishing house of MSTU im. N. E. Bauman. – 2006. – 520 p.
- 3 **Grigorieva, I. S. Meilikhova, E. Z.** Physical Quantities : Handbook [Text] // Ed.– Moscow : ENERGOIZDAT. – 1991. – 1232 p.
- 4 **Bazenov, G. M.** On the issue of the use of waterjet treatment in modern mechanical engineering / G. M. Bazenov // Science and Technology of Kazakhstan. – 2021. – No 2. – P. 39–47. – DOI 10.48081/BDFH9117. – EDN GPTGIM.
- 5 **Kolpakov, V. I. Ilyukhin, A. A.** Features of mathematical modeling of the destruction of structures made of different materials under the action of a high-speed hydroabrasive jet [Text] // Engineering Journal : Science and Innovation. – 2019. – P. 1–8.
- 6 **Barzov, A. A. Galinovsky, A. L. Puzakov, V. S.** Ultrajet technology for processing liquids [Text]. – A - M. : MSTU im. N. E. Bauman, 2009. – P. 258.
- 7 **Galinovsky, A. L. Kyaw Myo Htet.** Prospects for the Development of Ultra-Jet Dispersion Technology for Nanocontaining Suspensions [Text] // IOP Conference Series : Materials Science and Engineering. – V. 709. – Issue 4.
- 8 **Galinovsky, A. L. Kyaw Myo Htet.** To the Question of Efficiency of Different Methods of Dispersion of Nanosecuring Suspensions [Text] // Materials Science Forum. – V. 990. – P. 139 – 143.
- 9 **Galinovsky, A. L. Kyaw Myo Htet.** Patent - Method for processing inhomogeneous hydraulic media (liquids) [Text] // Patent holders: Limited Liability Company «NanoTechCenter». – 2022 – Patent no: RU 2 767 096 C2.
- 10 **Kyaw Myo Htet.** Ultra-Jet as a Tool for Dispersing Nanosuspensions [Text] // Polymer Science, Series D. – V. 13. 2020 – P. 209–213.
- 11 **Abashin M. I.** Ultrajet hydrodynamics [Text] . – Moscow : Moscow State University M.V. Lomonosov Faculty of Physics. – 2015. – P. 308.

Material received on 17.03.22.

\***А. Л. Галиновский<sup>1</sup>, Чжо Мьо Хтет<sup>2</sup>, В. И. Колпаков<sup>3</sup>**

Н. Э. Бауман атындағы Мәскеу мемлекеттік техникалық университеті,  
Ресей Федерациясы, Мәскеу қ.  
Материал баспаға түсті 11.13.22.

**ЖОҒАРЫ ЖЫЛДАМДЫҚТЫ БҮРКУ ПРОЦЕСІН  
САНДЫҚ 3D МОДЕЛЬДЕУ**

*Мақала ультраструидің кедергімен әрекеттесуінен кейін шашырау бұлтының пайда болуына арналған. Ультрострумның және соққы пайда болатын беттің әртүрлі өзара орналасуының нұсқалары қарастырылады. Бұрышты таңдау тиімділігін бағалау әсер ету орнынан белгіленген қашықтықта белгіленген Нысананы бүріккішпен қамту аймағының мәндерін талдау арқылы жүзеге асырылады. Бүріккіш пистолеттің мақсатты бетімен үлкен байланыс аймағы ең жақсы нәтиже болып табылады.*

*Зерттеу РФФИ 18-29-18081 және 19-38-90228\19 гранттары, Ресей Федерациясы Президентінің, Ресей Федерациясының жетекші ғылыми мектептерін мемлекеттік қолдауға арналған НШ-3778.2018.8 гранты және № 14727ГУ/2019 және № 14549ГУ/2019 келісімшартына сәйкес «УМНИК-18» бағдарламасы бойынша инновацияларға жәрдемдесу қорының гранттары шеңберінде орындалды.*

*Кілтті сөздер: ультра агынды оңдеу, суспензия, процесті математикалық модельдеу, технологиялық параметрлер.*

\***А. Л. Галиновский<sup>1</sup>, Чжо Мьо Хтет<sup>2</sup>, В. И. Колпаков<sup>3</sup>**

Московский государственный технический институт имени Н. Э. Баумана,  
Российская Федерация, г. Москва.  
Материал поступил в редакцию 17.03.22.

**ЧИСЛЕННОЕ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ  
ПРОЦЕССА ВЫСОКОСКОРОСТНОГО РАСПЫЛЕНИЯ**

*Статья посвящена образованию облака брызг после взаимодействия ультраструи с препятствием. Рассмотрены варианты различного взаимного расположения ультраструи и поверхности, на которую происходит удар. Оценка эффективности выбора угла осуществляется путем анализа значений зоны охвата цели распылителем, установленной на фиксированном расстоянии от места удара. Принято считать, что большая площадь контакта распылителя с целевой поверхностью является наилучшим возможным результатом.*

*Исследование выполнено в рамках грантов РФФИ 18-29-18081 и 19-38-90228\19, гранта Президента Российской Федерации на государственную поддержку ведущих научных школ Российской Федерации НШ-3778.2018.8 и грантов Фонда содействия инновациям по программе «УМНИК-18» в соответствии с контрактом № 14727ГУ/2019 и № 14549ГУ/2019.*

*Ключевые слова: ультраструйная обработка, суспензия, математическое моделирование процесса, технологические параметры.*

<https://doi.org/10.48081/JGZE9345>

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

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

### РАЗРАБОТКА ВЕРОЯТНОСТНОЙ-ИМИТАЦИОННОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПОВРЕЖДЕННОСТИ ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ДВУКРАТНОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

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

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

Вероятностный подход к формированию степени дефектности поверхностного слоя при обработке резанием с учетом фактора технологической наследственности (ТН) на наш взгляд является перспективным направлением исследования т.к. позволяет проанализировать наиболее общие закономерности кинетики процесса независимо от особенностей физико-механических свойств материалов, метода формообразования, особенностей конструкции металлорежущего инструмента и т.д.

В данной работе авторами разработана имитационная модель вероятности распределения дефектов в поверхностном слое по глубине при последовательном двукратном технологическом воздействии с учетом фактора технологической наследственности.

Также в работе экспериментально подтверждено влияние условий предварительного технологического воздействия ТВ1 на условия выполнения последующего ТВ2, что является прямым экспериментальным подтверждением активной роли фактора ТН при механической обработке и его влияния на результирующее состояние поврежденности поверхностного слоя при выполнении ТВ2.

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

#### Введение

Конкретизируем наши представления о физической модели формирования дефектов в геометрическом параметре поверхностного слоя объема (V), при выполнении двукратного технологического воздействия (ТВ).

Очевидно, результирующая, концентрация дефектов в геометрическом параметре поверхностного слоя – объеме V, будет определяться суммарной – интегральной концентрацией дефектов, образующихся при выполнении 2-х последовательных технологических воздействий (ТВ) (рисунок 1).

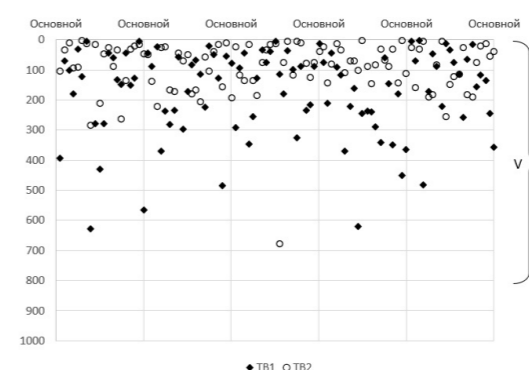


Рисунок 1 – Распределение дефектов по глубине поверхностного слоя при 2-х кратном технологическом воздействии

В этом случае, распределение концентрации дефектов, образующихся в поверхностном слое при двукратном технологическом воздействии, будет характеризоваться какой-либо функцией:

$$C=f(X, C_1, C_2, C_0, \lambda, P)$$

где  $C_0$  – начальная концентрация дефектов;

$C_1, C_2$  – концентрации дефектов материала в результате технологических воздействий соответственно ТВ1 и ТВ2;

$\lambda$  – структурно чувствительный коэффициент формы аппроксимирующей кривой материала;

$X$  – толщина поверхностного слоя;

$P$  – силовой фактор технологического воздействия.

Распределение концентрации дефектов по координатам  $X, Y$  в следствии  $i$ -го технологического воздействия в точке  $(O)$ , по геометрическому параметру  $V, S, L$  хорошо аппроксимируется функцией (рисунок 2).

$$C_x = [P_i / \exp(\lambda \times X)] + C_0 \quad (1)$$

$$C_y = [P_i / \exp(\lambda \times Y)] + C_0$$

$$\Pi_i = K \times P_i \times C_0 \quad (2)$$

где  $K$  – коэффициент пропорциональности;

$P_i$  – силовой фактор  $i$ -го технологического воздействия.

$\Pi_i$  – прирост концентрации дефектов в поверхностном слое в следствии  $i$ -го технологического воздействия при  $x=0$ .

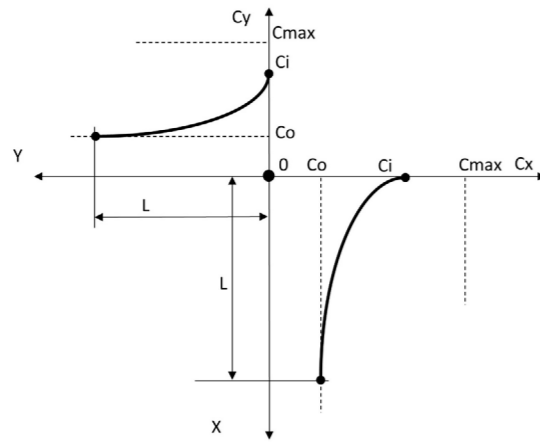


Рисунок 2 – Распределение концентрации дефектов

### Материалы и методы

Детализируем вопросы влияния на поврежденность обработанной поверхности неоднократного технологического воздействия. Практическое приложение данной задачи весьма распространено в технологии механической обработки, проектировании режущего инструмента и в тоже время наглядно иллюстрирует методику построения технологического процесса обработки в целом с учетом фактора технологической наследственности [1].

Анализ ранее выполненных работ [2–4], показывает, что процессы пластического деформирования, разрушения кристаллических твердых тел имеют вероятностный характер. Это обстоятельство является следствием случайного расположения дислокаций и локальных дефектов в объеме кристалла.

Распределение дефектов в поверхностном слое зависит от многих случайных факторов и в конечном итоге, становится результатом проявления большого числа случайных макро-, микро-, и субмикроскопических процессов [5–7]. Поэтому для анализа распределения дефектов в поверхностном слое при двукратном технологическом воздействии применим вероятностный подход.

Согласно утверждениям [8, 9], вероятность отсутствия дефектов в объеме  $V$  можно записать как

$$P'(V) = \exp(-C \times V) \quad (3)$$

Так как вероятность отсутствия и присутствия дефектов в геометрическом параметре поверхностного слоя – в объеме  $V$  представляет полную группу

событий [10], то вероятность присутствия дефектов в геометрическом параметре поверхностного слоя – в объеме  $V$  запишется в виде:

$$P(V) = 1 - \exp(-C \times V) \quad (4)$$

Очевидно, это уравнение (4) справедливо и для описания вероятности присутствия дефектов в геометрическом параметре поверхностного слоя – площади ( $S$ ) или длине ( $L$ ).

$C$  – имеет размерность  $V^{-1}, S^{-1}, L^{-1}$ , а физический смысл  $C$  – средняя концентрация дефектов в единице геометрического параметра  $V, S, L$  при условии, что дефекты равномерно распределены по геометрическому параметру  $V, S, L$ .

Выражение  $(C \times V)$  в (4), представляет собой суммарное количество дефектов – начального числа дефектов  $C_0$  и внесенного в поверхностный слой в результате двукратного технологического воздействия.

### Результаты и обсуждение

Математическая модель формирования параметров поврежденности поверхностного слоя при двукратном технологическом воздействии приведена ниже.

Пусть  $C_{x1}, C_{x2}$  – распределение концентрации дефектов по координате  $X$  в поверхностном слое соответственно в результате 1-го и 2-го технологического воздействия (рисунок 3).

$$C_{x1} = [\Pi_1 / \exp(-\lambda \times X)] + C_0 \quad (5)$$

где  $\Pi_1, \Pi_2$  – максимальное значение прироста концентрации дефектов на поверхности образца  $X=0$ , при заданных термо-силовых условиях 1-го и 2-го технологического воздействия;

$C_0$  – начальная концентрация дефектов в поверхностном слое;

$C_{max}$  – максимально допустимая концентрация дефектов в поверхностном слое до разрушения материала (если  $C_{1X}, C_{2X} > C_{max}$  материал разрушается);

$\lambda$  – 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.

$$C_{x1} = (K_1 \times P_1 \times C_0) \times \exp(-\lambda \times X) + C_0$$

где  $\Pi_1 = C_0 \times K_1 \times P_1$

при  $X=0; C_{x1} = \Pi_1 + C_0;$

$P_1, P_2$  – сила давления соответственно при 1-м и 2-м технологическом воздействии.

$K_1, K_2$  – коэффициенты пропорциональности силового воздействия на  $C_1, C_2$ ,  $C_1, C_2 = f(C_0, K_1, P_1)$  соответственно при 1-м и 2-м технологическом воздействии.



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

$\Pi_{x2}$  – текущее значение прироста концентрации дефектов по глубине поверхностного слоя (X), в результате 2-го технологического воздействия.

С целью решения поставленной задачи поступим следующим образом:

1 Распределение концентрации дефектов в поверхностном слое после 1-го технологического воздействия ТВ1 с учетом 5 запишем как

$$C_{x1} = Co + \Pi_{x1} = Co + (K1 \times P1 \times Co) \times \exp(-\lambda \times X)$$

2 Сделаем допущение, что прирост концентрации дефектов при 2-м технологическом воздействии –  $\Pi_{x2}$  пропорционален приросту концентрации дефектов в поверхностном слое от 1-го технологического воздействия равному

$$\Pi_{x2} = (K_2 \times P_2 \times Co) \times \exp(-\lambda \times X);$$

3 С учетом принятого допущения прирост концентрации дефектов по глубине поверхностного слоя (X), в результате 2-го технологического воздействия  $\Pi_{x2}$  определим как

$$\Pi_{x2} = \Pi_{x1} \times K_2 \times P_2 = (K_1 \times P_1 \times Co) \times \exp(-\lambda \times X) \times K_2 \times P_2$$

Следовательно, концентрация дефектов в поверхностном слое при последовательном двукратном технологическом воздействии с учетом технологической наследственности будет определяться как (6) согласно рисунок 3

$$C_{2x} = C_{1x} + \Pi_{x2} \text{ или } C_{2x} = \Pi_{x1} + \Pi_{x2} + Co \quad (6)$$

Сделав подстановки согласно рисунку 3 получим

$$C_{2x} = C_{1x} + (K1 \times P1 \times Co) \times \exp(-\lambda \times X) \times K2 \times P2$$

$$C_{2x} = Co + (K1 \times P1 \times Co) \times \exp(-\lambda \times X) + (K1 \times P1 \times Co) \times \exp(-\lambda \times X) \times K2 \times P2$$

$$C_{2x} = Co + (K1 \times P1 \times Co) \times (1 + K2 \times P2) \times \exp(-\lambda \times X)$$

Таким образом

$$C_{1x} = Co + (K1 \times P1 \times Co) \times \exp(-\lambda \times X)$$

$$C_{2x} = Co + (K1 \times P1 \times Co) \times (1 + K2 \times P2) \times \exp(-\lambda \times X) \quad (7)$$

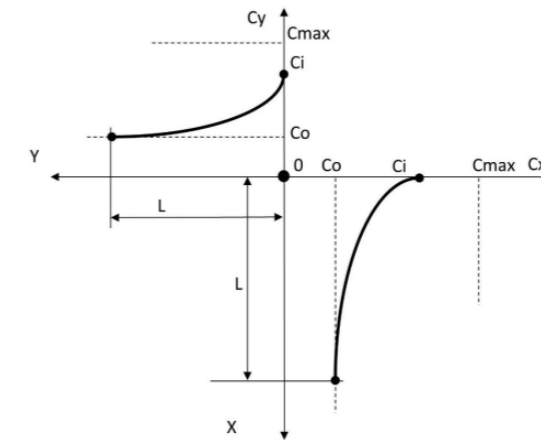


Рисунок 3 – Концентрация дефектов в поверхностном слое при последовательном двукратном технологическом воздействии с учетом технологической наследственности

Следовательно, вероятность присутствия дефектов в поверхностном слое по глубине (X) с учетом (4) и (7) при последовательном двукратном технологическом воздействии с учетом технологической наследственности запишем как (8)

$$P(V) = 1 - \exp \{-[Co + ((K1 \times P1 \times Co) \times (1 + K2 \times P2) \times \exp(-\lambda \times X))] \times V\} \quad (8)$$

С целью экспериментальной проверки, предлагаемой модели формирования механических свойств поверхностного слоя с учетом технологической наследственности, при механической обработке резанием, для испытаний были изготовлены два образца из стали марки сталь 45. Исследуемая поверхность каждого образца подвергалась обработке следующим образом:

1 Предварительно каждый образец подвергался ковке.

2 Затем исследуемая поверхность каждого образца обрабатывалась фрезерованием.

3 На фрезерованной поверхности каждого образца, подготавливалось два локальных участка, с этой целью один локальный участок исследуемой поверхности подвергался упрочнению, а второй локальный участок фрезерованию.

4 Затем, исследуемые поверхности и первого и второго локальных участков, каждого образца, подвергалась технологическому воздействию – обработке при неизменных режимах, образец 1 – шлифованию, образец 2 – лазерной обработке.

Таким образом на исследуемой поверхности каждого образца формировалось по два локальных участка с различным предварительным и одинаковым окончательным технологическим воздействием.

На заключительном этапе осуществлялась оценка механических свойств обработанных участков исследуемой поверхности путем измерения глубины проникновения индентора, шарика диаметром Ø4,5мм, в поверхностный слой, с последующим измерением диаметра отпечатка под микроскопом.

Заключение о механических свойствах исследуемых участков с упрочнением и без упрочнения осуществлялось на основе сравнительного анализа полученных результатов. Результаты проделанной работы представлены в таблице 1 и на рисунке 4. Коэффициент корреляции значений – глубины проникновения в поверхностный слой, и диаметра отпечатков индентора, исследуемых участков с различным предварительным (с упрочнением и без упрочнения) и с одинаковым окончательным технологическим воздействием составил  $KK=0,9952$ .

Таблица 1 – Механических свойствах исследуемых участков с упрочнением и без упрочнения

№	Глубина лунки мкм		№	Диаметр лунки мкм		№	Глубина лунки мкм	
	УпрО (-)	УпрО (+)		УпрО (-)	УпрО (+)		УпрО (-)	УпрО (+)
	Образец 1			Образец 1			Образец 2	
1	32,5	23	10	550	555	19	53,5	47
2	34,5	21	11	715	545	20	51	48,5
3	33	23	12	705	580	21	50	48,5
4	52,5	46	13	695	655	22	77	67,5
5	53,5	48,5	14	715	650	23	73	67,5
6	52,5	50	15	705	665	24	72,5	65,5
7	115	101	16	865	815	25	109	120
8	110	100	17	880	805	26	108	101,5
9	111	101	18	845	815	27	107,5	100



Рисунок 4 – Графики зависимостей значений глубины проникновения индентора в исследуемые участки поверхностного слоя с различным предварительным технологическим воздействием

**Выводы**

1 Разработана имитационная модель вероятности распределения дефектов в поверхностном слое по глубине (X) с учетом (4) и (7) при последовательном двукратном технологическом воздействии с учетом фактора технологической наследственности

$$P(V) = 1 - \exp \{-[C_o + ((K1 \times P1 \times C_o) \times (1 + K_2 \times P_2) \times \exp(-\lambda \times X))]\} \times V\}$$

2 Экспериментально подтверждено влияние условий предварительного технологического воздействия на условия выполнения последующего. Коэффициент корреляции значений - глубины проникновения индентора, диаметра отпечатка на исследуемых участках поверхностного слоя, с различным предварительным технологическим воздействием, составил  $KK=0,9952$ .

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Барзов А. А., Денчик А. И., Прохорова М. А., Сысоев Н. Н.** Масштабный фактор (феноменология и физико-технологические приложения). – М. : издательство Физический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова. – ISBN 978-5-8279-0195-2. – 194 с.

2 **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 ТУ. – 2021. – № 1. – С. 45–57

3 **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.

4 **Дудак Н. С., Итыбаева Г. Т., Мусина Ж. К., Касенов А. Ж.** Методика планирования экспериментальных исследований при обработке новыми стержневыми инструментами [Текст] // Вестник Пермского университета. История. – 2007. – № 4. – С. 154.

5 **Барзов А. А., Галиновский А. Л., Пузаков В. С., Троший О. А.** Вероятностное моделирование в инновационных технологиях. – М. : Изд-во «НТ», 2006. – 100 с.

6 **Barzov A. A., Belov V. A., Denchik A. I.** Information analysis of combined ultra-jet express diagnostics of materials and products of RST (rocket & space technology) // 43rd Academic Space Conference : Dedicated to the Memory of Academician S. P. Korolev and other Outstanding Russian Scientists – 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.

7 **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.

8 **Фрейденталь А. М.** Статистический подход к хрупкому разрушению // Разрушение / Под ред. Г. Либовица. – М. : Мир, 1975. – Т.2. – С. 616–645.

9 **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. – Выпуск № 1. – С. 19–29.

10 **Гурман В. Е.** Теория вероятности и математическая статистика. – М. : Высшая школа, 1977. – 479 с.

## REFERENCES

1 **Barzov A. A., Denchik A. I., Prokhorova M. A., Sysoev N. N.** Scale factor (Phenomenology and psyc technology applications). – Moscow : Publishing house of Faculty of Physics of Lomonosov Moscow State University. – 194 p. – ISBN 978-5-8279-0195-2.

2 **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 // Vestnik TU. – 2021. – No. 1. – P. 45 – 57

3 **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. – No. 1. – P. 39–47

4 **Dudak N. S., Itybaeva G. T., Mussina Zh. K., Kasenov A. Zh.** Methodology for planning experimental studies when processing with new rod tools [Text] // Bulletin of the Perm University. History. – 2007. – No. 4. – P. 154.

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

6 **Barzov A. A., Belov V. A., Denchik A. I.** Information analysis of combined ultra-jet express diagnostics of materials and products of RST (rocket & space technology) // 43rd Academic Space Conference : Dedicated to the Memory of Academician S. P. Korolev and other Outstanding Russian Scientists – Pioneers of Space Exploration «Korolev Academic Space Conference», Bauman Moscow State Technical University. – AIP Conference Pro-ceedings. – Vol. 2171. – 15 November 2019. – Article number 170014. – Code 154643.

7 **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. – No. 3–4. – P. 7–16.

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

9 **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. – Issue No. 1. – P. 19–29.

10 **Gurman V. E.** Probability theory and mathematical statistics. – Moscow : Higher School, 1977. – 479 p.

Material received on 17.03.22.

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

<sup>1,2,3,4</sup>Торайғыров университеті,  
Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.  
Материал баспаға 17.03.22 түсті.

**ЕКІ ЕСЕ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ӘСЕР ЕТУ КЕЗІНДЕ ӨНДЕЛГЕН  
БЕТТІҢ БҰЗЫЛУ ПАРАМЕТРЛЕРІН ҚАЛЫПТАСТЫРУДЫҢ  
ЫҚТИМАЛДЫ-ИМИТАЦИЯЛЫҚ МАТЕМАТИКАЛЫҚ  
МОДЕЛІН ЖАСАУ**

*Кесу арқылы өңдеу кезінде сапа мәселесін шешудің күрделілігі өнімді өндірудің технологиялық процесіне әсер ететін көптеген факторларды ескеру қажеттілігінен тұрады.*

*Осыған байланысты әмбебаптығы ғылыми-техникалық міндеттердің кең ауқымын шешуге мүмкіндік беретін ықтималды-статистикалық зерттеу әдістерін қолдану орынды болып табылады.*

*Технологиялық түпнегіздік қуалаушылық факторын (ТТ) ескере отырып, кесу арқылы өңдеу кезінде беткі қабаттың ақаулық дәрежесін қалыптастырудың ықтималды тәсілі, біздің ойымызша, зерттеудің болашақты бағыты болып табылады, өйткені ол материалдардың физика-механикалық қасиеттерінің ерекшеліктеріне, қалыптастыру әдісіне, металл кесетін құралдың конструкция ерекшеліктеріне және т.б. қарамастан, процесс кинетикасының ең жалпы заңдылықтарын талдауға мүмкіндік береді.*

*Бұл жұмыста авторлар технологиялық түпнегіздік қуалаушылық факторын ескере отырып, екі реттік технологиялық әсермен беттік қабаттағы ақаулардың тереңдігі бойынша таралу ықтималдығының модельдеу моделін жасады.*

*Сондай-ақ, жұмыс ТӘ1-нің алдын-ала технологиялық әсер ету жағдайларының кейінгі ТӘ2-нің жұмыс жағдайларына әсерін эксперименталды түрде растады, бұл өңдеу кезіндегі ТТ факторының белсенді ролін және оның ТӘ2-ді орындау кезінде беткі қабаттың бұзылу жағдайына әсерін тікелей эксперименттік растау болып табылады.*

*Кілтті сөздер: дәлдік, масштабты фактор, ықтималдық моделі, сандық модельдеу, функционалды маңызды технологиялық бұзылыс, технологиялық әсер.*

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

<sup>1,2,3,4</sup>Toraighyrov University,

Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Material received on 17.03.22.

**DEVELOPMENT OF A PROBABILISTIC SIMULATION  
MATHEMATICAL MODEL FOR THE FORMATION  
OF DAMAGE PARAMETERS OF A TREATED SURFACE  
UNDER A TWO-TIME TECHNOLOGICAL IMPACT**

*The complexity of solving the problem of quality in machining by cutting lies in the need to take into account a large number of factors that affect the technological process of manufacturing a product.*

*In this regard, it is expedient to use probabilistic-statistical research methods, the versatility of which allows solving a wide range of scientific and technical problems.*

*The probabilistic approach to the formation of the degree of defectiveness of the surface layer during cutting, taking into account the factor of technological heredity (TH), in our opinion, is a promising area of research, since it allows you to analyze the most general laws of the process kinetics, regardless of the features of the physical and mechanical properties of materials, the method of shaping, the design features of the metal-cutting tool, etc.*

*In this paper, the authors have developed a simulation model of the probability of the distribution of defects in the surface layer in depth with a sequential double technological impact, taking into account the factor of technological heredity.*

*The work also experimentally confirmed the influence of the conditions of the preliminary technological impact of TI1 on the conditions for performing the subsequent TI2, which is a direct experimental confirmation of the active role of the TH factor during machining and its influence on the resulting state of damage to the surface layer during TI2.*

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

\***M. K. Ospantaev**

PF LLP «KSP Steel», Republic of Kazakhstan, Pavlodar

## GEOMETRIC PARAMETERS OF A PEAKLESS CUTTING TOOL IN THE INSTRUMENTAL COORDINATE SYSTEM

*Processing of external surfaces with turning tools is the most common in the total mass of tools, and occupies a special place in the technological process of manufacturing machine parts. The issues of increasing productivity, accuracy and reliability of the processing process have always been and remain relevant and effective for metalworking.*

*The aim of the study is to improve the quality of processing of external cylindrical surfaces with the development of a new processing method and the design of a peakless turning through-hole cutter.*

*The idea of the work is to develop a new design of a lathe cutter for finishing and a new processing method.*

*The analysis of methods and methods of processing external cylindrical surfaces, parameters of the cut layer during cutting, geometry and designs of turning cutting tools, led to the development of a new metal-cutting tool – a peakless turning cutting tool for finishing. The new design improves cutting conditions and minimizes the impact of adverse factors accompanying the cutting process.*

*Thus, a pass-through peakless cutter has one cutting edge, is simpler due to the absence of an auxiliary back surface and top, has less complexity of manufacturing and sharpening, and therefore requires less operating costs.*

*Keywords: geometry; plane; construction; cutter; peakless; quality.*

### Introduction

The most expensive in terms of material consumption and energy consumption belongs to the processing of cutting materials up to 60–75 % of the complexity of manufacturing parts for all types of production – from individual to mass. The advantages of cutting include versatility and flexibility: the ability to obtain surfaces of various shapes, sizes and accuracy using a wide range of metal-cutting equipment, including CNC.

The geometric parameters of metal-cutting tools, including turning tools, significantly affect the accuracy and roughness of the outer surfaces.

One of the tasks is to create scientifically based methods and tools to improve the accuracy of processing [1–7].

### Materials and methods

There are three coordinate systems defined by GOST 25761-83: instrumental (ISC), static (SSC), kinematic (KSK) [8].

ISC – designed for the manufacture of cutting tools.

SSK – is designed to determine the geometric parameters of the cutting tool when installing it on the machine.

KSK – is designed to determine the geometric parameters during its operation.

Each of the above coordinate systems ISC, SSK, KSK represents three mutually perpendicular planes oriented in a certain way in space.

By analogy with a traditional through-hole cutter, the following surfaces of the cutting part are distinguished in a peakless cutting tool (PCT): front, rear, auxiliary rear [9–13].

The intersection of the surfaces forms certain faces, for example, the intersection of the front and back forms a face, which is called the main section plane (MSP). The intersection of the front and auxiliary rear surfaces forms an auxiliary cutting edge. In accordance with this, we will select the above-mentioned surfaces for the PCT (Figure 1).

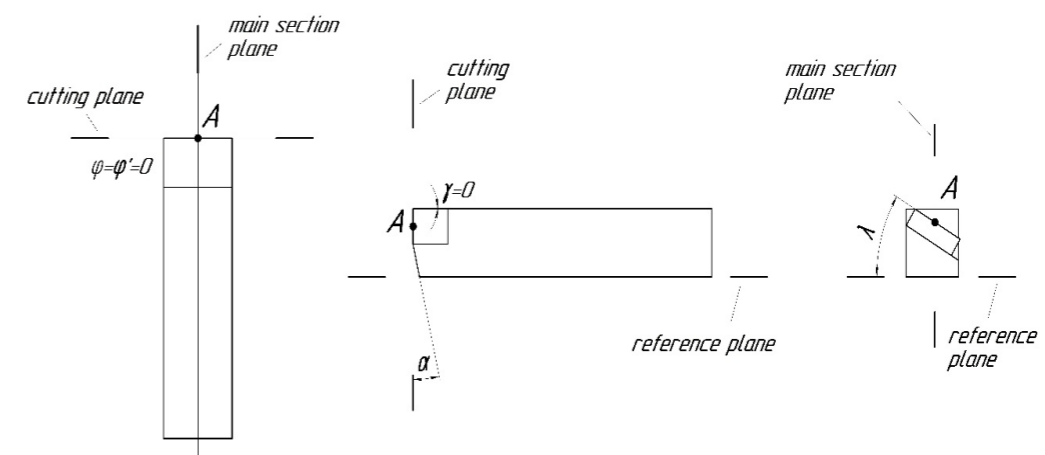


Figure 1 – Geometric parameters of the cutting part in the tool coordinate system

If the main section plane is drawn through point A of the MSP, and point A is set along the axis of rotation of the workpiece, then we will call this secant plane the main one (Figure 2). The figure shows the main section plane and the auxiliary section plane, respectively to the left and right of the main secant plane.

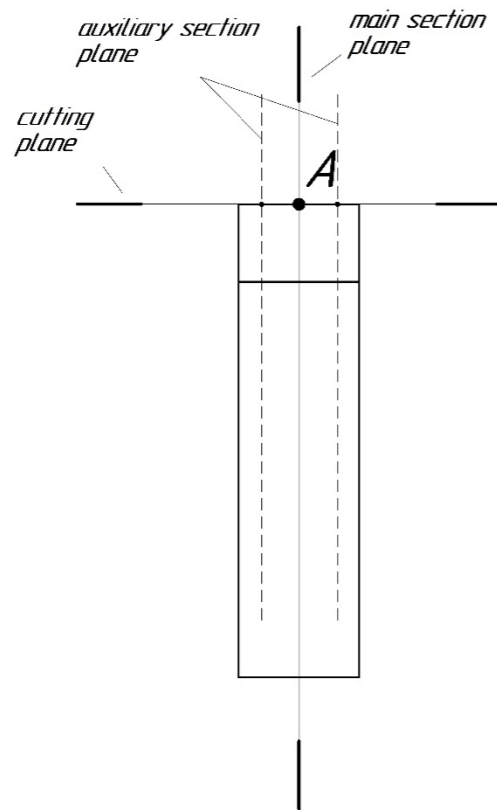


Figure 2 – Main and auxiliary secant planes

The installation of the PCT on a metal-cutting machine (MCM) is shown in Figure 3.

The PCT is installed so that the cutting edge is in a plane parallel to the axis of rotation of the workpiece. The main cutting plane must be perpendicular to the axis of rotation of the workpiece and pass through point A of the main cutting edge. In this case, the point A of the main cutting edge is set along the line of centers. The left part of the cutting edge and the right part of the cutting edge relative to the main cutting plane should be free and not participate in the cutting process. Only a part of the cutting edge is involved in the cutting process – the MSP, which is the left and right parts of the cutting edge involved in cutting adjacent to point A.

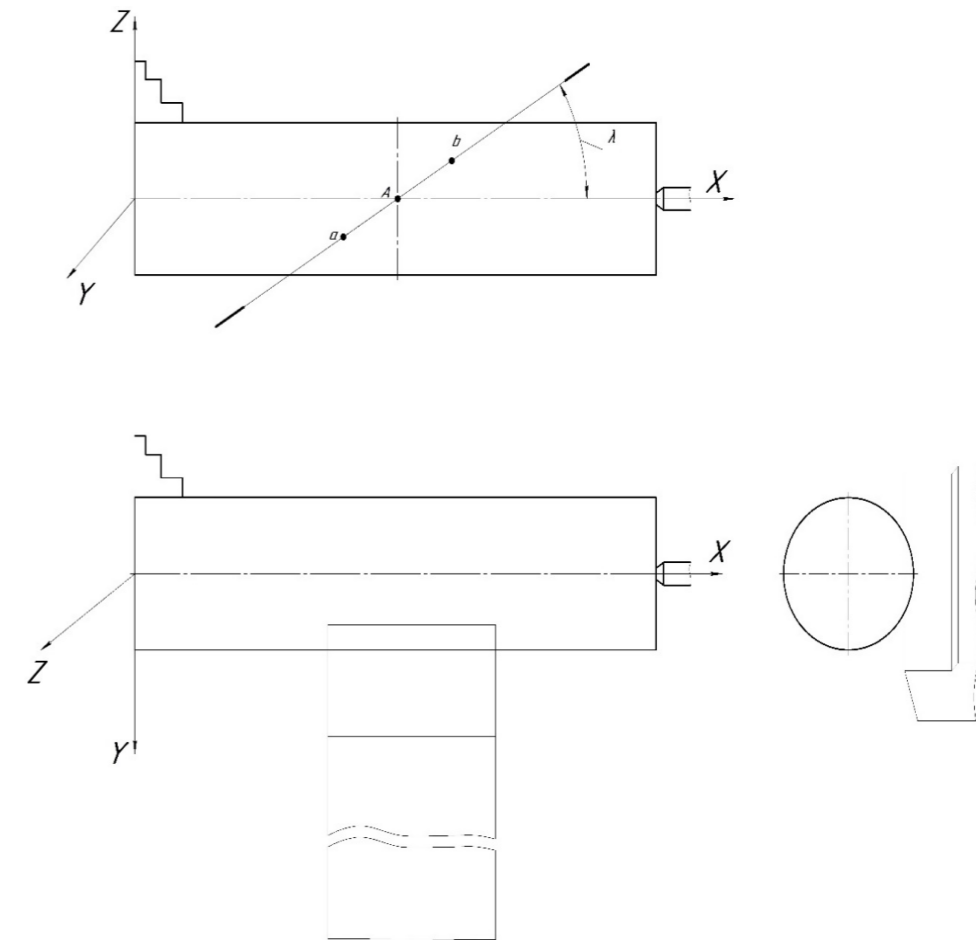


Figure 3 – Installation of a peakless cutting tool on the machine

### Results and discussions

With further consideration and theoretical research, we will consider the BPR with the following geometric parameters: angle of inclination  $\lambda=30\div 50^\circ$ , front angle  $\gamma=0^\circ$ , relief angle  $\alpha=15^\circ$ .

The ISC is oriented relative to the conventionally accepted velocity vector of the main cutting movement perpendicular to the mounting plane and passing through the considered point A of the main cutting edge (Figure 4).

The SSC is oriented relative to the velocity vector of the main cutting movement passing through the considered point A of the main cutting edge and perpendicular to the mounting surface of the metal-cutting tools when it is installed on the machine.

KSK is oriented relative to the resulting cutting feed vectors and cutting speed passing through the considered point of the main cutting edge and perpendicular to the the metal-cutting tools mounting surface on the MCM.

The effective velocity vector is understood as the sum of the vectors of the feed rate and the cutting speed.

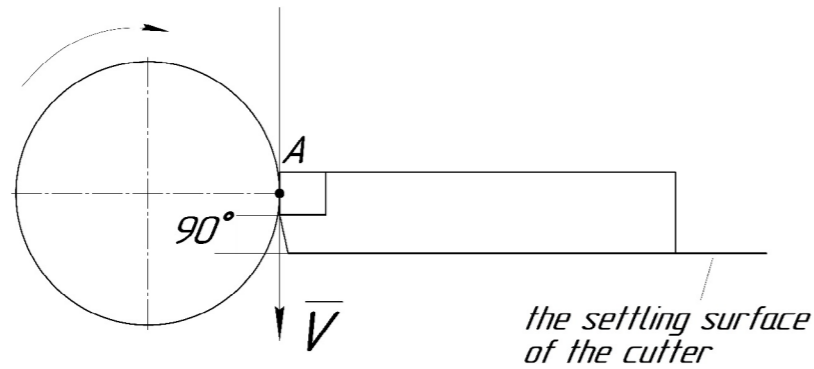


Figure 4 – The direction of the conventionally accepted velocity vector in the instrumental coordinate system

Let's consider the position of the peakless cutting tool in the instrumental coordinate system.

The tool coordinate system consists of three mutually perpendicular planes: the reference plane, the cutting plane, the main section plane (Figure 5).

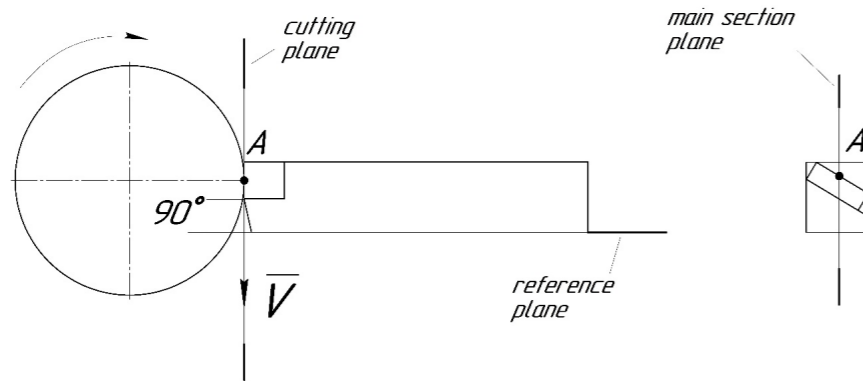


Figure 5 – Instrumental coordinate system of the BPR

In order to orient the ISC relative to the the metal-cutting tools, it is necessary to position the main tool mounting surface perpendicular to the conventionally accepted velocity vector of the main cutting movement  $V$  at the considered point (A) of its main cutting edge.

The second coordinate plane (the cutting plane) passes perpendicular to the main plane through the considered MSP point. The main secant instrumental plane is drawn through the point under consideration (.) And on the MSP and is perpendicular to the tool main plane and the cutting plane (Figure 5).

Next, we calculate the amount of displacement relative to the center line, the MSP PCT, the length of the MSP, depending on the processing diameter and cutting depth.

In Figure 6, the letters are:  $ab$  – MSP, where a and b are the intersection points of the MSP with the cylindrical surface being processed;  $D$  is the processing diameter,  $R$  is the radius,  $t$  is the cutting depth,  $L$  is the length of the main cutting edge, the sum

of the right  $l_r$  and left  $l_l$ ,  $x_i$  is the distance to an arbitrary coordinate secant plane,  $\pm h$  is the excess or underestimation, respectively, of points (b) and (a) of the MSP above the line of centers,  $lx_i$  is the distance to the  $i$ -th section from (.) A in the direction of the MSP,  $hx_i$  is the excess or underestimation of the MSP for the  $i$ -th section above the line of centers.

Let's choose an arbitrary point (.) B on the MSP, located at a distance  $lx_i$  from (.) A along the MSP, having an excess over the line of centers  $hx_i$ , and an offset along the  $X$  axis from (.) A by  $X_i$ .

Calculate the values of the parameters  $lx_i$ ,  $hx_i$ ,  $x_i$ ,  $l$ ,  $h$ ,  $x$  at different cutting depths. Formulas for determining the above parameters are derived based on the laws of geometry and are presented below (1-9).

$$h^2 = (R^2 - (R-t)^2), \quad (1)$$

$$l = h / \sin \alpha, \quad (2)$$

$$\text{We will ask } \Delta l = l/n, n=1,2,3,\dots\infty \quad (3)$$

$$x_1 = \Delta x; \quad (4)$$

$$x_2 = x_1 + \Delta x; \quad (5)$$

$$\Delta x = \Delta l \cdot \cos \lambda; \quad (6)$$

$$x_i = x_{i-1} + \Delta x; \quad (7)$$

$$h_{xi} = \sqrt{l_{xi}^2 - x_{xi}^2}, \text{ (see the calculation scheme);} \quad (8)$$

$$l_{xi} = h_{xi} / \sin \alpha, \text{ (see the calculation scheme)} \quad (9)$$

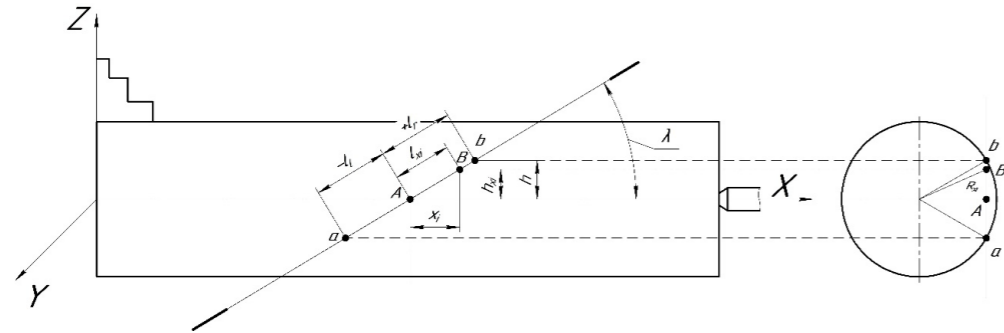


Figure 6 – Calculation scheme for determining the excess or underestimation of an arbitrary contact point of the MSP above the center line

The calculation results are shown in Table 1.

Table 1 – Results of calculations of geometric parameters  $h, l, h_{x1}, l_{x1}, x_1$  at different cutting depth and machining diameter

$t$	$D$	$\lambda$	$h$	$l$	$\Delta l$	$\Delta x$	$x_1$	$l_{x1}$	$h_{x1}$
0.1	50	30	2.23	4.47	1.49	1.29	1.29	1.49	0.74
0.2	50	30	3.16	6.31	2.10	1.82	1.82	2.10	1.05
0.3	50	30	3.86	7.72	2.57	2.23	2.23	2.57	1.29
0.4	50	30	4.45	8.91	2.97	2.57	2.57	2.97	1.48
0.5	50	30	4.97	9.95	3.32	2.87	2.87	3.32	1.66
0.6	50	30	5.44	10.89	3.63	3.14	3.14	3.63	1.81
0.7	50	30	5.87	11.75	3.92	3.39	3.39	3.92	1.96
0.8	50	30	6.27	12.55	4.18	3.62	3.62	4.18	2.09
0.9	50	30	6.64	13.30	4.43	3.83	3.83	4.43	2.22
1.0	50	30	7.00	14.00	4.67	4.04	4.04	4.67	2.33

$t$	$D$	$\lambda$	$x_2$	$l_{x2}$	$h_{x2}$	$x_3$	$l_{x3}$	$h_{x3}$
0.1	50	30	2.58	2.98	1.49	3.87	4.47	2.23
0.2	50	30	3.64	4.21	2.10	5.47	6.31	3.16
0.3	50	30	4.46	5.15	2.57	6.69	7.72	3.86
0.4	50	30	5.14	5.94	2.97	7.71	8.91	4.45
0.5	50	30	5.74	6.63	3.32	8.62	9.95	4.97
0.6	50	30	6.29	7.26	3.63	9.43	10.89	5.44
0.7	50	30	6.79	7.83	3.92	10.17	11.75	5.87
0.8	50	30	7.24	8.37	4.18	10.87	12.55	6.27
0.9	50	30	7.68	8.86	4.43	11.51	13.30	6.64
1.0	50	30	8.08	9.33	4.67	12.12	14.00	7.00

We calculate the profile of the part processing during the operation of the PCT. Consider the calculation scheme (Figure 7).

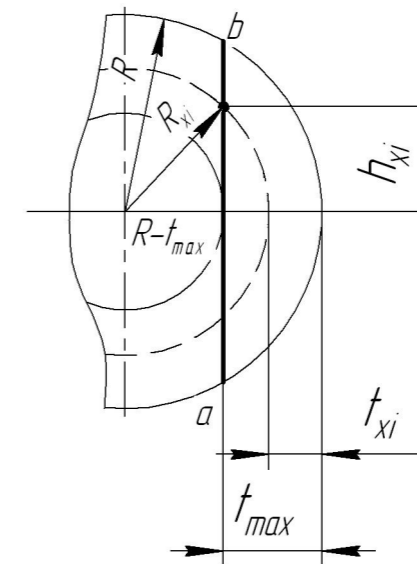


Figure 7 – Calculation scheme

Taking into account the analysis of the calculation scheme, we determine  $\Delta h, h_{x1}, R_{xi}, t_{xi}$  by the following formulas:

$$\Delta h = h/n; \tag{10}$$

$$h_{x1} = \Delta h; \tag{11}$$

$$h_{xi} = h_{xi-1} + \Delta h; \tag{12}$$

$$\Delta l = l/n; \tag{13}$$

$$\Delta x = \Delta l \cdot \cos \lambda; \tag{14}$$

$$x_1 = \Delta x;$$

$$x_i = x_{i-1} + \Delta x, i = 1, 2, 3 \dots, n; \tag{15}$$

$$R_{xi} = \sqrt{h_{xi}^2 + (R - t)^2}, \tag{16}$$

where  $R_{xi}$  is the radius;

$h_{xi}$  – height

Numerical values of the coordinates of the PCT processing profile are presented in Table 2.



Table 2 – Numerical values of the coordinates of the PCT processing profile

<b>t</b>	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
<b>l</b>	4.47	6.31	7.72	8.91	9.95	10.89	11.75	12.55	13.30	14.00
<b>D</b>	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
<b>f</b>	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
<b>R</b>	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
<b>n</b>	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
<b>h</b>	2.23	3.16	3.86	4.45	4.97	5.44	5.87	6.27	6.65	7.00
<b>Δh=h/n</b>	0.45	0.63	0.77	0.89	0.99	1.09	1.17	1.25	1.33	1.40
<b>Δl</b>	0.89	1.26	1.54	1.78	1.99	2.18	2.35	2.51	2.66	2.80
<b>ΔX</b>	0.77	1.09	1.34	1.54	1.72	1.89	2.03	2.17	2.30	2.42
<b>R<sub>x1</sub></b>	24.90	24.81	24.71	24.62	24.52	24.42	24.33	24.23	24.14	24.04
<b>R<sub>x2</sub></b>	24.92	24.83	24.75	24.66	24.58	24.50	24.41	24.33	24.25	24.16
<b>R<sub>x3</sub></b>	24.94	24.87	24.81	24.74	24.68	24.62	24.55	24.49	24.43	24.36
<b>R<sub>x4</sub></b>	24.96	24.93	24.89	24.86	24.82	24.79	24.75	24.71	24.68	24.64
<b>R<sub>x5</sub></b>	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
<b>R-t</b>	24.90	24.80	24.70	24.60	24.50	24.40	24.30	24.20	24.10	24.00
<b>h<sub>x1</sub></b>	0.45	0.63	0.77	0.89	0.99	1.09	1.17	1.25	1.33	1.40
<b>h<sub>x2</sub></b>	0.89	1.26	1.54	1.78	1.99	2.18	2.35	2.51	2.66	2.80
<b>h<sub>x3</sub></b>	1.34	1.89	2.32	2.67	2.98	3.27	3.52	3.76	3.99	4.20
<b>h<sub>x4</sub></b>	1.79	2.52	3.09	3.56	3.98	4.36	4.70	5.02	5.32	5.60
<b>h<sub>x5</sub></b>	2.23	3.16	3.86	4.45	4.97	5.44	5.87	6.27	6.65	7.00
<b>t<sub>x1</sub></b>	0.10	0.19	0.29	0.38	0.48	0.58	0.67	0.77	0.86	0.96
<b>t<sub>x2</sub></b>	0.08	0.17	0.25	0.34	0.42	0.50	0.59	0.67	0.75	0.84
<b>t<sub>x3</sub></b>	0.06	0.13	0.19	0.26	0.32	0.38	0.45	0.51	0.57	0.64
<b>t<sub>x4</sub></b>	0.04	0.07	0.11	0.14	0.18	0.21	0.25	0.29	0.32	0.36
<b>t<sub>x5</sub></b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>X<sub>1</sub></b>	0.77	1.09	1.34	1.54	1.72	1.89	2.03	2.17	2.30	2.42
<b>X<sub>2</sub></b>	1.55	2.19	2.68	3.09	3.45	3.77	4.07	4.35	4.61	4.85
<b>X<sub>3</sub></b>	2.32	3.28	4.01	4.63	5.17	5.66	6.10	6.52	6.91	7.27
<b>X<sub>4</sub></b>	3.10	4.37	5.35	6.17	6.89	7.54	8.14	8.69	9.21	9.70
<b>X<sub>5</sub></b>	3.87	5.47	6.69	7.71	8.62	9.43	10.17	10.87	11.51	12.12

Thus, the instrumental and static coordinate systems for determining the geometric parameters of the PCT and its position in them are considered.

To calculate the geometric parameters of the PCT ( $hx_p, ax_p, yx_p$ ) in the ISC and SSC, dependences on  $D, t$  and  $\lambda$  were determined using the Excel mathematical appart.

Basic calculation schemes have been developed to determine the geometric parameters  $hx_p, x_p, Rx_p, lx_i$  depending on the auxiliary section under consideration,  $D, t$  and  $\lambda$ .

### Conclusions

In the instrumental coordinate system, the planes of the vertex-free cutting cutter and its geometric parameters are determined, namely, the front and rear angles, the angle of inclination of the cutting edge and the angles in the plan of the main and auxiliary, which are zero. Due to this geometry of the cutter – the absence of the tip of the cutter – the cutting conditions are improved and the effects of adverse factors accompanying the cutting process are minimized and has less complexity of manufacturing and sharpening, and therefore less operating costs will be required.

Analysis of the shape of the cross-section of the cut layer and the calculated profile of the treated surface, allow us to draw the following conclusions:

-  $t$  (cutting depth) along the length of the MSP decreases from the maximum value to zero;

- when turning the PCT, it is possible to use a feed value less than or equal to the value of the projection of the MSP on the x axis;

- during the operation of the PCT, there will be a minimal force effect on the change in the surface layer of the treated surface, and consequently a decrease in roughness and an increase in the accuracy of the treated surface.

### REFERENCES

1 **Skhirtladze A. G., Grechishnikov V. A., Chemborisov N. A. et al.** Rezaniye materialov. [Cutting materials] Cutting tool in 2 parts. Part 1: Textbook. – 1st ed. – Moscow : Yurayt Publishing House, 2020. – 263 p. – ISBN 978-5-534-00115-0.

2 **Karpov A.V.** K voprosu povysheniya energeticheskoy effektivnosti tekhnologicheskikh protsessov obrabotki rezaniyem [On the issue of improving the energy efficiency of technological processes of cutting] // Modern high technologies. – 2019. – No. 3–1. – P. 43–47.

3 **Barbot'ko A. I.** Geometriya rezaniya materialov [Geometry of cutting materials]. Sary Oskol : Fine Science-Intensive Technologies LLC, 2019. – 320 p. – ISBN 978-5-94178-286-4.

4 Progressivnyye tekhnologii, materialy i rezhushchiye instrumenty v mashinostroyenii [Progressive technologies, materials and cutting tools in engineering] interuniversity collection of scientific papers / ed. T. G. Nasad. – Saratov : Saratov state. technical university, 2010. – ISBN 978-5-7433-2310-4.

5 **Kasenov A. Zh.** Formirovaniye sherokhovatosti poverkhnosti otverstiya obrabotannogo razvortkoy-protyazhkoy [Formation of the surface roughness of a hole processed by a reamer-broaching] // Science and technology of Kazakhstan. – 2011. – No. 3–4. – P. 46–49.

6 **Bogutskiy V. B.** Osnovnyye napravleniya sovershenstvovaniya tekhnologii obrabotki nezhestkikh detaley vysokoy tochnosti [The main directions of improving the technology of processing non-rigid high-precision parts] // Bulletin of Scientific and Technical Development. – 2020. – No. 2 (150). – P. 3–9. – DOI 10.18411/vntr2020-150-1.

7 **Rakishev A., Sherov K., Donenbayev B., Sovet N.** Studying the rigidity of partsof rotational-frictional tool within NX CAE // Science and Technology of Kazakhstan. – 2019. – No 3. – P. 96–103.

8 GOST 25761-83 Vidy obrabotki rezaniyem. Terminy i opredeleniya obshchikh ponyatiy [GOST 25761-83 Types of machining. Terms and definitions of general concepts].

9 **Dudak N. S., Itybaeva G. T., Musina Z. K.** A new pass-through lathe cutter // Russian Engineering Research. – 2014. – Vol. 34. – No 11. – P. 705–707. – DOI 10.3103/S1068798X14110069.

10 **Ospantaev M. K.** Development of the design of a peakless rotary cutting tool // Science and Technology of Kazakhstan. – 2021. – No 4. – P. 96–103.

11 **Sorokin N. V.** Issledovaniye protsessa bezvershinnogo tocheniya [Investigation of the process of peakless turning] // Modern science-intensive technologies. – 2013. – No. 8–1. – P. 103.

12 **Filippov A. V.** Opredeleniye parametrov secheniya srezayemogo sloya pri kosougol'nom tochenii bezvershinnym reztsom [Determination of the parameters of the section of the cut layer during oblique turning with a vertexless cutter] // STIN. – 2014. – No. 4. – P. 21–25.

13 **Popov A. A., Solokha A. I., Chazov P. A.** Osobennosti deformatsii struzhki v protsesse tocheniya bezvershinnymi reztsami [Peculiarities of chip deformation in the process of turning with tipless cutters] // Modern problems of science and education. – 2014. – No. 4. – P. 172.

Material received 17.03.22.

**\*М. К. Оспантаев**

«KSP Steel» ЖШС ҚФ, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

Материал баспаға түсті 17.03.22.

#### АСПАПТЫҚ КООРДИНАТТАР ЖҮЙЕСІНДЕГІ ТӨБЕСІЗ ЖОНУ ӨТПЕЛІ КЕСКІШТІҢ ГЕОМЕТРИЯЛЫҚ ПАРАМЕТРЛЕРІ

Мақалада төбесіз жону өтпелі кескіштің геометриялық параметрлерін және олардың орналасуын анықтауға арналған аспаптық және статикалық координаттар жүйесі қарастырылған.

Excel математикалық картасын қолдана отырып инструменталды және статикалық координатта төбесіз жону өтпелі кескіштің  $(h_{xp}, \alpha_{xp}, \gamma_{xp})$  геометриялық параметрлерін есептеу үшін  $D$ ,  $t$  және  $\lambda$  тәуелділіктер анықталады.

Қарастырылып отырған  $D$ ,  $t$  және  $\lambda$  қосалқы қимаға, байланысты  $h_{xp}$ ,  $x_p$ ,  $R_{xp}$ ,  $l_{xi}$  геометриялық параметрлерін анықтау үшін принципальды есептеу схемалары құрастырылды.

Кесілген қабаттың көлденең қимасының пішінін және өңделген беттің есептелген профилін талдау келесі қорытынды жасауға мүмкіндік береді: негізгі кесу жиегінің ұзындығы бойымен кесу тереңдігі максималды мәннен нөлге дейін азаяды; төбесіз жону өтпелі кескішті жону кезінде  $x$  осіндегі негізгі кесу жиегінің проекциясының шамасынан аз немесе оған тең берілу мәні қолданылуы мүмкін; төбесіз жону өтпелі кескіші жұмыс істеген кезде өңделетін беттің беткі қабатының өзгеруіне ең аз күш әсер етеді, сондықтан өңделген беттің кедір-бұдырлығы төмендеуі және дәлдігі арттыруы.

Инструменталды координаттар жүйесінде төбесіз жону өтпелі кескіштің жазықтықтары және оның геометриялық параметрлері, атап айтқанда алдыңғы және артқы бұрыштар, кесу жиегінің көлбеу бұрышы және пландағы негізгі және көмекші бұрыштар анықталады, олар нөлге тең. Осындай кескіш геометрияның арқасында – кескіш шыңның болмауы – кесу процесін сүйемелдейтін кесу

жағдайлары жақсарады және қолайсыз факторлардың әсерін азайтады және шығару мен қайраудың аз еңбек сыйымдылығына ие болады, сондықтан пайдалану үшін аз шығындар қажет болады.

Кілтті сөздер: геометрия, жазықтық, құрылымы, кескіш, төбесіз, сапа.

**\*М. К. Оспантаев**

ПФ ТОО «KSP Steel», Республика Казахстан, г. Павлодар.

Материал поступил в редакцию 17.03.22.

#### ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ БЕЗВЕРШИННОГО ПРОХОДНОГО РЕЗЦА В ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ КООРДИНАТ

В статье рассмотрены инструментальная и статическая системы координат для определения геометрических параметров безвершинного проходного резца и его положение в них.

Для расчёта геометрических параметров безвершинного проходного резца  $(h_{xp}, \alpha_{xp}, \gamma_{xp})$  в инструментальной и статической системах координат определены зависимости от  $D$ ,  $t$  и  $\lambda$  с использованием математического аппарата Excel.

Разработаны принципиальные расчётные схемы для определения геометрических параметров  $h_{xp}$ ,  $x_p$ ,  $R_{xp}$ ,  $l_{xi}$  в зависимости от рассматриваемого вспомогательного сечения,  $D$ ,  $t$  и  $\lambda$ .

Анализ формы поперечного сечения срезаемого слоя и расчетного профиля обработанной поверхности, позволяют сделать следующие выводы: глубина резания по длине главной режущей кромки уменьшается с максимального значения до нуля; при точении безвершинного проходного резца возможно применение величины подачи меньше или равное величине проекции главной режущей кромки на ось  $x$ ; при работе безвершинного проходного резца будет минимальное силовое воздействие на изменение поверхностного слоя обрабатываемой поверхности, а следовательно и снижение шероховатости и повышение точности обработанной поверхности.

В инструментальной системе координат определены плоскости безвершинного проходного резца и его геометрические параметры, а именно передний и задний углы, угол наклона режущей кромки и углы в плане главный и вспомогательный, которые равны нулю. Благодаря чему такой геометрии резца – отсутствия вершины резца – улучшены условия резания и сведены к минимуму воздействия неблагоприятных факторов, сопровождающих процесс резания и имеет меньшую трудоёмкость изготовления и заточки и поэтому потребуются меньше затрат на эксплуатацию.

Ключевые слова: геометрия, плоскость, конструкция, резец, безвершинный, качество.

МРНТИ 53.49.19

<https://doi.org/10.48081/PCTN7927>**\*В. В. Артамонов**СУ «Леноргэнергогаз» ОАО «Оргэнергогаз»,  
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург**ПОЛУЧЕНИЕ РЕПЛИК ДЛЯ МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКИХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ МЕТОДОМ ЦЕМЕНТАЦИИ**

*В работе исследована технология получения медных реплик методом цементации из растворов сульфата меди  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ , серной кислоты  $H_2SO_4$  в присутствии поверхностно-активного вещества тиомочевины  $(NH_2)_2CS$  для проведения неразрушающего металлографического контроля, действующего энергетического и нефтегазового оборудования.*

*Проведены запланированные опыты по получению медных реплик за счет реакции контактного обмена (цементации) на поверхности стального шлифа. В результате этих опытов получено уравнение регрессии, показывающее зависимость параметра оптимизации – качество медной реплики – от состава цементирующего раствора. Методом крутого восхождения определен оптимальный состав раствора, обеспечивающий осаждение на поверхности стального шлифа медной реплики, которая адекватно отображает исследуемую микроструктуру.*

*В качестве независимых переменных (факторов) в уравнении регрессии выбраны концентрации  $X_1 - CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ,  $X_2 - H_2SO_4$ ,  $X_3 - (NH_2)_2CS$ , где  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  – натуральные значения факторов, г/л, функцией отклика  $Y$  является часть поверхности реплики площадью  $1 \text{ см}^2$ , точно и адекватно воспроизводящая микроструктуру шлифа.*

*Анализ полученного уравнения регрессии показывает, что наибольшее влияние на функцию отклика оказывает концентрация  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ , в несколько меньшей степени влияет концентрация  $(NH_2)_2CS$ , и менее всего – концентрация  $H_2SO_4$ .*

*Ключевые слова: металлография, неразрушающий контроль, медная реплика, цементация, сталь.*

**Введение**

Контроль микроструктуры действующего энергетического и нефтегазового оборудования возможен двумя способами: традиционной металлографией и с применением металлических и неметаллических реплик [1–5].

Контроль микроструктуры металла наиболее напряженных узлов дорогостоящего теплоэнергетического и газотранспортного оборудования

проводят без вырезки образцов, т.е. неразрушающими методами. Примерами таких исследований являются работы [5–10].

Основополагающим документом, регламентирующим порядок контроля и продления срока службы основных элементов теплоэнергетического оборудования, является типовая инструкция [2–4]. Эта инструкция содержит перечень обязательных к исполнению нормативных документов, среди которых значатся и рекомендации по неразрушающему контролю микроструктуры посредством реплик (оттисков). Согласно [2–4] материалом реплики–оттиска служит полистирол.

Существенным недостатком полимерных реплик является низкая отражательная способность при изучении их на металлографическом микроскопе и, как следствие, плохая контрастность элементов микроструктуры таких реплик.

Радикальным решением вопроса по повышению отражательной способности и контрастности является получение металлических реплик. В практике электронной микроскопии известны способы получения металлических реплик [7–11]. В частности, в [102] кратко упоминается о возможности получения реплик гальваническим осаждением и химическим восстановлением, хотя технологические подробности этих процессов не приводятся.

**Материалы и методы**

В электрогидрометаллургии широкое применение имеет электролитическое получение металла – так называемое электроосаждение которое является обширной областью исследования теоретической и прикладной электрохимии [11].

Автором был исследован процесс получения медных реплик цементацией. Исследование проводили посредством планирования многофакторного эксперимента (метод Бокса – Уильсона). Образцы в лабораторных опытах изготавливали из стали 12Х1МФ, имеющей феррито-сорбитную микроструктуру балла 5 по шкале технических условий [12]. Площадь подготовленных по общепринятой методике шлифов оставалась постоянной и составляла  $4 \text{ см}^2$ . Цементирующий раствор на поверхность шлифа наносили тампоном. Время выдержки раствора на поверхности шлифа во всех опытах 1 минута. После этого шлиф промывали водой и этиловым спиртом и сушили фильтровальной бумагой. Отделение медной пленки от поверхности шлифа проводили по известному методу, практикуемому в электронной микроскопии: на поверхность находящегося на шлифе медного осадка наносили коллодиевый раствор. После высыхания коллодиевого раствора образовавшийся полимерный слой-основу снимали со шлифа пинцетом. Вместе с полимерной основой от шлифа легко отделялась и медная пленка-реплика. В результате получали своего рода композиционный материал, состоящий из двух слоев-полимерной основы и прикрепленной к ней медной пленки-реплики. Реплики просматривали на металлографическом микроскопе МИМ-8М.

Как показали предварительные опыты, в процессе цементации часть поверхности шлифа работает анодом, т.е. растравливается. Однако во всех случаях часть поверхности шлифа площадью по крайней мере  $1 \text{ см}^2$  работает только

катодом и соответствующая этой части поверхности шлифа медная пленка и является собственно репликой, т.е. в большей или меньшей степени воспроизводит микроструктуру стали. Микроскопическое рассмотрение этого 1 см<sup>2</sup> поверхности медной пленки проводили, используя окуляр с мерной сеткой, что позволяло проконтролировать каждый мм<sup>2</sup> поверхности реплики площадью 1 см<sup>2</sup>.

В качестве параметра оптимизации (функции отклика)  $Y$  принята часть поверхности реплики площадью 1 см<sup>2</sup>, точно, т.е. адекватно воспроизводящая микроструктуру шлифа. Размерность  $Y$ –50%. Если, например, 50 мм<sup>2</sup> поверхности реплики площадью 1 см<sup>2</sup> адекватно воспроизводят микроструктуру шлифа, то  $Y=50$  %.

Для определения оптимальных условий цементационного осаждения медных реплик нами был реализован полный трехфакторный эксперимент 2<sup>3</sup>. При этом учтены данные предварительных опытов [8, 9], согласно которым цементация дает на стали осадок меди в виде плотной компактной пленки только в достаточно концентрированных растворах сульфата меди CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O, а небольшие количества серной кислоты H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> способствуют кристаллизации меди в компактной форме. Учтено также, что в присутствии поверхностно-активного вещества тиомочевина (NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CS кристаллизуется более плотный мелкокристаллический осадок меди. По этой причине в качестве независимых переменных (факторов) выбраны концентрации X<sub>1</sub> – CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O, X<sub>2</sub> – H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, X<sub>3</sub> – (NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CS, где X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, X<sub>3</sub> – натуральные значения факторов, г/л. Интервалы варьирования и натуральные значения факторов на базовом, верхнем и нижнем уровнях приведены в таблице 1. Матрица планирования приведена в таблице 2.

Указанные в таблице 1 кодированные значения факторов определены по формуле

$$X_j = \frac{X_j + X_{j0}}{J_j} \quad (1)$$

где X<sub>j</sub> – кодированное значение фактора;  
X<sub>j0</sub> – натуральное значение фактора;  
J – интервал варьирования;  
j – номер фактора.

В таблице 2 приведены также результаты рандомизированных во времени опытов. Y' и Y'' – значения параметра оптимизации двух параллельных опытах,  $\bar{Y}$  – среднее значение параметра оптимизации в двух параллельных опытах.

Таблица 1 – Интервалы варьирования и натуральные значения факторов

Условия опытов	Концентрация, г/л		
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>
Базовый (основной) уровень	150	7,5	3
Интервал варьирования	100	7,5	3
Верхний уровень	250	15	6
Нижний уровень	50	0	0

Таблица 2 – Матрица планирования и результаты опытов

№ опыта	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	Y'	Y''	$\bar{Y}$
1	-1	-1	+1	52	50	51
2	+1	-1	-1	60	62	61
3	-1	+1	-1	49	47	48
4	+1	+1	+1	68	72	70
5	-1	-1	-1	47	43	45
6	+1	-1	+1	78	82	80
7	-1	+1	+1	69	69	69
8	+1	+1	-1	78	78	78

### Результаты и обсуждение

Была определена воспроизводимость опытов и проведена проверка адекватности модели по стандартным методикам [13].

Итоговое уравнение регрессии имеет следующий вид:

$$Y=62,75+9,50X_1+3,50X_2+4,75X_3-1,75X_1X_2-2,00X_1X_3-5,25X_1X_2X_3 \quad (2)$$

Рассмотрим, в какой мере каждый из факторов (независимых переменных) влияет на параметр оптимизации (функцию отклика). Величина коэффициента регрессии – количественная мера этого влияния. С увеличением концентрации CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и (NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CS параметр оптимизации возрастает – на это указывают положительные значения коэффициентов b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub> и b<sub>3</sub>. Из сравнения значений этих коэффициентов следует также, что наибольшее влияние на функцию отклика оказывает фактор X<sub>1</sub> – концентрация сульфата меди CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O – влияние этого фактора вдвое выше, чем фактора X<sub>3</sub> – концентрация тиомочевина (NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CS, и почти в три раза выше, чем фактора X<sub>2</sub> – концентрация серной кислоты H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Значительное влияние на параметр оптимизации оказывают также эффекты взаимодействия. Однако, в отличие от независимых переменных (факторов), влияние эффектов взаимодействия направлено на уменьшение параметра оптимизации – на это указывает знак «минус» перед коэффициентами b<sub>1-2</sub>, b<sub>1-3</sub> и b<sub>1-2-3</sub>. При этом наиболее сильное влияние на параметр оптимизации оказывает совместное действие CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и (NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CS (эффект взаимодействия X<sub>1</sub>X<sub>2</sub>X<sub>3</sub>) – коэффициент b<sub>1-2-3</sub> более, чем в три раза превышает коэффициенты b<sub>1-2</sub> и b<sub>1-3</sub>. Отметим также, что совместное влияние концентрации CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и (NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CS (эффект взаимодействия X<sub>1</sub>X<sub>2</sub>X<sub>3</sub>) – заметно выше, чем концентраций

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и (NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CS в отдельности (факторы X<sub>2</sub> и X<sub>3</sub>) – это следует из сравнения значений соответствующих коэффициентов в уравнении регрессии.

Таким образом, в результате экспериментов получено уравнение регрессии (2), которое адекватно описывает выбранную модель опыта при принятых интервалах варьирования независимых переменных. Наиболее высокое значение параметра оптимизации, которое удалось достичь, составляет 80 % – в опыте № 6 (см. таблицу 2). Как указывалось выше, реплика должна адекватно отображать исследуемую микроструктуру – имея в виду эту практическую задачу, следует признать, что значения параметра оптимизации 80 % не является приемлемым. Поэтому следует опыты продолжить, чтобы найти более оптимальные условия получения медных реплик цементацией.

Хотя уравнение регрессии (2) адекватно, оно не может быть использовано для отыскания оптимальных условий, поскольку это не линейное уравнение [13]. Для определения области оптимума движением по градиенту требуется линейная адекватная модель. В связи с этим необходимо, согласно рекомендациям [109], проверить на адекватность линейную часть уравнения (2). Запишем эту часть в виде отдельного уравнения:

$$Y=62,75+9,50X_1+3,50X_2+4,75X_3 \quad (3)$$

Результаты проверки линейного уравнения (3) приведены в таблице 3. При этом  $\hat{Y}$  – предсказанное по уравнению (3) значение параметра оптимизации.

Из данных таблицы 3 видно, что  $F_{\text{экс}} > F_{\text{табл}}$ , следовательно линейное уравнение (3) является неадекватным. Формальным признаком неадекватности линейной модели является также значимость хотя бы одного из эффектов взаимодействия [13]. В нашем случае, как уже указывалось, значимыми оказались три эффекта взаимодействия. Таким образом, неадекватность линейного уравнения (3) подтверждается и по критерию Фишера, и по значимости коэффициентов взаимодействия.

Таблица 3 – Проверка уравнения (6.11) на адекватность

№ опыта	$\bar{Y}$	$\hat{Y}$	$\bar{Y}-\hat{Y}$	$(\bar{Y}-\hat{Y})^2$	$S_{\text{ад}}^2$	$S_y^2$	$F_{\text{экс}}$	$F_{\text{табл}}$
1	51	54,5	-3,5	12,25	36,03	3,75	9,6	6,6
2	61	64,0	-3,0	9				
3	48	52,0	-4,0	16				
4	70	80,5	-10,5	110,25				
5	45	45,0	0	0				
6	80	73,5	6,5	42,25				
7	69	61,5	7,5	56,25				
8	78	71,1	6,5	42,25				

Для того чтобы получить адекватное линейное уравнение, нужно провести вторую серию опытов, уменьшив при этом интервалы варьирования независимых

переменных [13]. Вторая серия опытов была выполнена также с реализацией полного трехфакторного эксперимента 2<sup>3</sup>. Матрица планирования и расчетная матрица второй серии опытов аналогичны предыдущим матричным опытам. Из уравнений (2) и (3) следует, что наибольшее влияние на параметр оптимизации оказывает фактор X<sub>1</sub>. В то же время известно, что при цементационном восстановлении меди из сернокислых растворов компактные плотные пленки меди на стальной поверхности получают преимущественно в интервале концентраций CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O 180–250 г/л [11]. Это обстоятельство учтено при выборе интервала варьирования фактора X<sub>1</sub> во второй серии опытов.

При проведении первой серии опытов было замечено, что при концентрациях H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> на верхнем уровне происходит излишнее растравливание поверхности шлифа. Поэтому во второй серии опытов натуральное значение фактора X<sub>2</sub> на верхнем уровне было уменьшено.

Хотя поверхностно-активные вещества благоприятно влияют на электрокристаллизацию меди, однако при проведении первой серии опытов было замечено, что при концентрациях (NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CS 5–6 г/л медные пленки становятся более хрупкими. Это вызвано внедрением атомов серы в кристаллическую решетку меди. Поэтому было принято решение во второй серии опытов снизить верхний предел концентрации (NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CS до 2 г/л. Условия проведения и результаты второй серии опытов приведены ниже (таблицы 4 и 5).

Таблица 4 – Интервалы варьирования и натуральные значения факторов второй серии опытов

Условия опытов	Концентрация, г/л		
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>
Базовый (основной) уровень	220	2	2
Интервал варьирования	20	2	2
Верхний уровень	240	4	4
Нижний уровень	200	0	0

Таблица 5 – Результаты второй серии опытов

№ опыта	Y'	Y''	$\hat{Y}$	№ опыта	Y'	Y''	$\hat{Y}$
1	63	57	60	5	43	37	40
2	74	70	72	6	80	82	81
3	47	53	50	7	81	75	78
4	97	91	94	8	79	73	76

Воспроизводимость опытов второй серии проведена теми же методами, что и в первой серии опытов [13].

Для всех коэффициентов взаимодействия справедливо соотношение  $\tau_{\text{экс}} < \tau_{\text{табл}}$ . Следовательно, факторы X<sub>1-2</sub>, X<sub>1-3</sub> и X<sub>2-3</sub> являются незначимыми. В связи с этим в результате второй серии опытов получено линейное уравнение регрессии

$$Y=69,0+12,0X_1+5,50X_2+9,5X_3 \quad (4)$$

Поскольку все эффекты взаимодействия оказались незначимыми, правомерно полагать, что уравнение (4) является адекватным.

Данное уравнение дополнительно проверено на адекватность с помощью критерия Фишера.

Анализ уравнения регрессии (4) показывает, что интенсивность влияния каждого из факторов также осталась прежней: наибольшее влияние на функцию отклика оказывает концентрация  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , в несколько меньшей степени влияет концентрация  $(\text{NH}_2)_2\text{CS}$ , и менее всего – концентрация  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

#### Выводы

1) Таким образом, исходя из анализа данных теоретической и прикладной электрохимии о процессе электрокристаллизации металла на чужеродной подложке, высказано предположение о возможности получения металлических реплик электроосаждением, в частности, за счет «внутреннего электролиза» – реакции цементации.

2) Проведены планированные опыты по получению медных реплик за счет реакции контактного обмена (цементации) на поверхности стального шлифа. В результате этих опытов получено уравнение регрессии, показывающее зависимость параметра оптимизации – качество медной реплики – от состава цементирующего раствора. Методом крутого восхождения определен оптимальный состав раствора, обеспечивающий осаждение на поверхности стального шлифа медной реплики, которая адекватно отображает исследуемую микроструктуру.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Бугай Н. В., Березина Т. Г., Трунин И. И. Работоспособность и долговечность металла энергетического оборудования. – М. : Энергоатомиздат. – 1994. – 272 с.

2 РД 10–262–98. Типовая инструкция по контролю и продлению срока службы металла основных элементов котлов, турбин и трубопроводов тепловых электростанций. – М. : ОРГРЭС, 1999.

3 РД 34.17.440–96. Методические указания о порядке проведения работ при оценке индивидуального ресурса паровых турбин и продлению срока их эксплуатации сверх паркового ресурса. – М. : ВТИ, 1996.

4 ОСТ 34–70–690–96. Металл паросилового оборудования. Методы металлографического анализа в условиях эксплуатации. – М. : ВТИ, 1997.

5 Артамонов В. В., Зими́на А. В., Артамонов В. П. Техническая диагностика эксплуатационных повреждений экранных труб // Контроль. Диагностика. – 2012. – № 1. – С. 38–41.

6 Артамонов В. В. Микроструктурный мониторинг энергооборудования. – СПб. : Наука, 2011. – 151 с.

7 Артамонов В. В. Общие принципы гальванического осаждения металлических реплик для неразрушающего контроля микроструктуры металла теплоэнергетического оборудования // Электрические станции, 2003. – № 11. – С. 40–44.

8 Артамонов В. В. Медные реплики для неразрушающего контроля микроструктуры металла теплоэнергетического оборудования // Теплоэнергетика, 2004. – № 4. – С. 29–32.

9 Артамонов В. В., Игембаев Д. А., Чугай Е. Е., Артамонов В. П. Сравнительный анализ методов получения металлографических реплик // Контроль. Диагностика, 2011. – № 4. – С. 28–34.

10 Artamonov V. V., Artamonov V. P. Aluminium replicas for optical metallography // Journal of Materials Engineering and Performance, 2007. – Vol. 16. – No 1. – Februar. – P. 52–54.

11 Артамонов В. П., Помосов А. В. Некоторые особенности формирования осадков меди при ее цементационном восстановлении из растворов // Электрохимия, 1984. – Т. XX. – № 12. – С. 1649–1654.

12 ТУ 14–3Р–55–2001. Трубы стальные бесшовные для паровых и водогрейных котлов. Технические условия. – М. : ЦНИИТМАШ, 2001.

13 Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М. : Наука, 1976. – 279 с.

#### REFERENCES

1 Bugai N. V., Berezina T. G., Trunin I. I. Robotosposobnost i dolgovechnost metala energeticheskogo oborudovania. – M. : Energoatomizdat, 1994. – P. 272.

2 RD 10–262–98. Tipovaya instrukcia po kontrolyu i prodleniu sroka sluzhby metala osnovnyh elementov kotlov, turbin i truboprovodov teplovyh elektrostancii. – M. : ORGRES, 1999.

3 RD 34.17.440–96. Metodicheskie ukazania o poryadke provedenia rabot pri jcenke individualnogo resursa parovyh turbin i prodleniu sroka ih expluatacii sverh parkovogo resursa. – M. : VTI, 1996.

4 OST 34–70–690–96. Metal parosilovogo oborudovania. Metody metalograficheskogo analiza v usloviah expluatacii. – M. : VTI, 1997.

5 Artamonov V. V., Zimina A. V., Artamonov V. P. Tehnicheskaya diagnostika expluatacionnyh povrezhdenii ekrannyh trub // Kontrol. Diagnostika. – 2012. – № 1. – P. 38–41.

6 Artamonov V. V. Mikrostrukturnyi monitoring energooborudovania. – SPb. : Nauka, –2011. – 151 p.

7 Artamonov V. V. Obschie principy galvanicheskogo osazhdenia metalicheskikh replik dlya nerazrushaushego kontrolya mikrostrukturny metala teploenergeticheskogo oborudovania // Elektricheskie stancii, 2003. – № 11. – P. 40–44.

8 **Artamonov V. V.** Mednye repliki dlya nerazrushaushego kontrolya mikrostruktury metala teploenergeticheskogo oborudovaniya // Teploenergetika, 2004. – № 4. – P. 29–32.

9 **Artamonov V. V., Igembaev D.A., Chugai E.E.** Sravnitelny analiz metodov polucheniya metalograficheskikh replik // Kontrol. Diagnostika, 2011. – № 4. – P. 28–34.

10 **Artamonov V. V., Artamonov V. P.** Aluminium replicas for optical metallography // Journal of Materials Engineering and Performance, 2007. – Vol. 16. – No 1. – Februar. – P. 52–54.

11 **Artamonov V. P., Pomosov A. V.** Necotorye osobennosti formirovaniya osadkov medi pri ee cementacionom vosstanovlenii iz rastvorov // Elektrohimia, 1984. – T. XX. – № 12. – P. 1649–1654.

12 TU 14–3P–55 – 2001. Truby stalnye besshovnyi dlya parovyh I vodogreinyh kotlov. Technycheskie uslovia. – M. : CNITMASH, 2001.

13 **Adler U. P., Markova E. V., Granovski U. V.** Planirovanie experimenta pri poiske optimalnyh uslovii. – M. : Nauka, 1976. – 279 p.

Материал поступил в редакцию 17.03.22

**\*В. В. Артамонов**

СУ «Леноргэнергогаз» ААҚ «Оргэнергогаз»,

Ресей федерациясы, Санкт-Петербург қ.

Материал баспаға 17.03.22 түсті.

#### ЦЕМЕНТТЕУ ӘДІСІМЕН МЕТАЛЛОГРАФИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУЛЕР ҮШІН РЕПЛИКАЛАР АЛУ

*Жұмыста  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  мыс сульфатының,  $H_2SO_4$  күкірт қышқылының ерітінділерінен бұзылмайтын металлографиялық бақылау, белсенді энергетикалық және мұнай-газ жабдықтары үшін беттік белсенді зат  $(NH_2)_2CS$  қатысуымен цементтеу әдісімен мыс репликаларын алу технологиясы зерттелді.*

*Болат илфтің бетіндегі түйіспелі алмасу (цементтеу) реакциясы есебінен мыс репликаларын алу бойынша жоспарланған тәжірибелер жүргізілді. Осы тәжірибелердің нәтижесінде оңтайландыру параметрінің – мыс репликасының сапасы – цементтеу ерітіндісінің құрамына тәуелділігін көрсететін регрессия теңдеуі алынды. Тік көтерілу әдісімен ерітіндінің оңтайлы құрамы анықталды, ол зерттелген микроқұрылымды жеткілікті түрде көрсететін мыс репликасының Болат саңылауының бетіне жауын-шашынды қамтамасыз етеді.*

*Регрессия теңдеуінде тәуелсіз айнымалылар (факторлар) ретінде  $X_1 - CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ,  $X_2 - H_2SO_4$ ,  $X_3 - (NH_2)_2CS$  концентрациялары таңдалды, мұндағы  $X_1, X_2, X_3$  - факторлардың табиғи мәндері, г / л,  $Y$  жауап беру функциясы  $1 \text{ см}^2$  реплика бетінің бөлігі болып табылады, микроқұрылымды дәл және жеткілікті түрде көбейтеді илф.*

*Алынған регрессия теңдеуін талдау жауап беру функциясына  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  концентрациясы,  $(NH_2)_2CS$  концентрациясы біршама аз әсер етеді, ал  $H_2SO_4$  концентрациясы аз әсер етеді.*

*Кілтті сөздер: металлография, бұзылмайтын бақылау, мыс репликасы, цементтеу, болат.*

**\*V. V. Artamonov**

SU «Lenorgenergogaz» JSC «Orgenergogaz»,

Russian Federation, St. Petersburg.

Material received on 17.03.22.

#### OBTAINING REPLICAS FOR METALLOGRAPHIC STUDIES BY CEMENTATION

*The technology of obtaining copper replicas by cementation from solutions of copper sulfate  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ , sulfuric acid  $H_2SO_4$  in the presence of the surfactant thiourea  $(NH_2)_2CS$  for non-destructive metallographic control, operating energy and oil and gas equipment is investigated.*

*Planned experiments were carried out to obtain copper replicas due to the reaction of contact exchange (cementation) on the surface of the steel strip. As a result of these experiments, a regression equation was obtained showing the dependence of the optimization parameter – the quality of the copper replica – on the composition of the cementing solution. By the method of steep ascent, the optimal composition of the solution was determined, which ensures the deposition of a copper replica on the surface of the steel strip, which adequately reflects the microstructure under study.*

*The concentrations  $X_1 - CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ,  $X_2 - H_2SO_4$ ,  $X_3 - (NH_2)_2CS$  are selected as independent variables (factors) in the regression equation, where  $X_1, X_2, X_3$  are the natural values of the factors, g/l, the response function  $Y$  is a part of the replica surface area of  $1 \text{ cm}^2$ , accurately and adequately reproducing the microstructure the train.*

*Analysis of the obtained regression equation shows that the concentration of  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  has the greatest influence on the response function, the concentration of  $(NH_2)_2CS$  has a somewhat lesser effect, and the concentration of  $H_2SO_4$  has the least.*

*Keywords: metallography, non-destructive testing, copper replica, cementation, steel.*

<https://doi.org/10.48081/LXYR5029>

\*П. О. Быков<sup>1</sup>, М. Ж. Тусупбекова<sup>2</sup>, Д. Р. Абсолямова<sup>3</sup>, И. Э. Дейграф<sup>4</sup>

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

## МОДИФИЦИРОВАНИЕ СТАЛИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БЕСШОВНЫХ ТРУБ

*В работе исследована технология модифицирования низколегированной стали ванадием нефтяного сортамента для производства бесшовных труб группы прочности E с целью исключения дальнейшего процесса термического упрочнения.*

*Экспериментальным путем выявлено, что модифицирование низколегированной стали типа 35Г2 ванадием при выплавке одношлаковым процессом в дуговой печи с доводкой на агрегате ковши-печь и ковшевом вакууматоре является наиболее оптимальной по сравнению с титаном или комплексом титан-ванадий по макро- и микроструктуре непрерывнолитых заготовок (НЛЗ).*

*Сравнительный анализ показал, что макроструктура НЛЗ (модифицирование ванадием, титаном и комплексом титан-ванадий) соответствуют СТО 007-2009, при этом значение осевой химической неоднородности ОХН (1,5 балла) имеет одинаковое значение для всех образцов НЛЗ, ликвационные полосы и трещины ЛПТ по сечению заготовки имеет наименьшее значение (0 баллов) для НЛЗ модифицированной ванадием (наибольшее (1 балл) для НЛЗ модифицированной титаном), осевые ЛПТ имеют значение 1 балл для НЛЗ модифицированной как ванадием, так и комплексом Ti+V (для НЛЗ модифицированной Ti значение 0,5 балла), значение краевой точечной загрязненности КТЗ имеют значение 0,5 балла для НЛЗ модифицированной как ванадием, так и комплексом Ti+V (для НЛЗ модифицированной Ti значение 0 балла).*

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

### Введение

В Казахстане единственным производителем стальных бесшовных труб нефтяного сортамента является ТОО «KSP Steel».

В настоящее время технология производства бесшовных труб группы прочности E ТОО «KSP Steel» предусматривает термическую обработку горячекатанных труб, что в свою очередь требует дополнительного оборудования, времени, человеческих ресурсов и значительно увеличивает трудоемкость и себестоимость процесса [1–4].

Альтернативным вариантом получения требуемых свойств горячекатанных труб группы прочности E является модифицирование трубных марок сталей различными химическими элементами (ванадий, ниобий, титан и другие).

В настоящее время в мире разработаны множество способов и устройств для проведения операции модифицирования жидкого стального расплава, и все они обладают теми или иными достоинствами и недостатками [3–10].

Модифицирование, микролегирование и инокулирование жидкого расплава во многом определяет окончательный уровень служебных свойств металлопродукции. Применение оптимальных режимов модифицирования позволяет существенно повысить физическую однородность металла, улучшить макроструктуру, повысить механические свойства и т.д. [3–5].

Основными критериями оценки модификаторов следует считать [3]:

- термодинамическую и кинетическую возможность реагирования с кислородом, серой, азотом и углеродом;
- растворимость в жидкой стали;
- давление пара при температурах сталеплавильных процессов;
- доступность к стоимости.

Многие элементы по механизму своего влияния на структуру металла могут быть условно объединены в две группы модификаторов [3]. К первой группе относятся тугоплавкие металлы (ванадий, ниобий, титан) или их соединения, вводимые в расплав (или образующиеся в расплаве) в высокодисперсном (или коллоидно-дисперсионном) состоянии. Образование большого числа центров кристаллизации обеспечивает получение мелкозернистой структуры и сопровождается повышением свойств металла. Происходит упрочнение металла при некотором снижении показателей, характеризующих пластические свойства металла (относительное удлинение и сужение). Получение необходимой прочности стали достигается благодаря введению одной или нескольких микродобавок V, Nb, Ti в суммарном количестве до 0,10 % – 0,15 %. Непременной особенностью модификаторов второго рода – ингибиторов состоит в том, что они имеют ограниченную растворимость в жидкой фазе. В процессе затвердевания они адсорбируются на поверхности растущих кристаллов, понижая скорость роста граней кристаллов металла. Действие малорастворимых модификаторов на структуру сводится к торможению скорости роста кристаллов вследствие образования концентрационного пограничного слоя. Однако скорость затвердевания стали не уменьшается. Это объясняется образованием дополнительных центров кристаллизации, неустойчивостью фронта растущих кристаллов. К этой группе относятся в первую очередь щелочноземельные элементы – кальций, магний, барий.

Таким образом, исследование влияния модифицирования стали различными химическими элементами на свойства бесшовных труб группы прочности E, что позволит:

- определить оптимальный химический состав выплавляемой стали для производства труб группы прочности E;



- обеспечить гарантированное получение физико-механических свойств труб группы прочности E на линии горячего проката;  
 - снизить себестоимость продукции;  
 - исключить применение дополнительного оборудования для термообработки труб.

#### Материалы и методы

Объектом исследования являлась технология модифицирования стали различными модификаторами на основе ванадия и титана с целью снижения затрат на производство стальных бесшовных труб.

Для экспериментальных исследований использовалась низколегированная сталь следующего химического состава (таблица 1).

Таблица 1 – Химический состав стали, %

C	Si	Mn	P, max	S, max	Cr	Ni, max	Mo	Al	Cu, max
0,34 - 0,37	0,15 - 0,35	1,25 - 1,50	0,020	0,020	<0,25	0,25	<0,08	0,0 1-0,05	0,25

В работе использовали следующие методы исследования:

- оптико-эмиссионная спектрометрия по ГОСТ 18895 на оптико-эмиссионном спектрометре ДФС-500;  
 - металлографический метод: макро-и микроструктурный анализы по ГОСТ 10243, ГОСТ 8233, СТО-002-2017, СТО-007-2015.

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). КВ использовался для удаления растворенных газов из стали.

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 свежееобожженная с содержанием активных окисей CaO+MgO не менее 90 %, плавиковый шпат по ГОСТ 29220-91;  
 - раскислители, легирующие, модификаторы – ферросиликомарганец по ГОСТ 4756-91 (FeSiMn), ферросилиций по ГОСТ 1415-93 (FeSi – 65), силикокальций по ГОСТ 4762-71 (СК30), ферромарганец (FeMn – 80) по ГОСТ 4755-91, алюминий АВ – 87 ГОСТ 295-98 катанку алюминиевую ГОСТ 13843-78.

В экспериментах в качестве модификатора использовали модификаторы на основе Ti, V, а также комплекс Ti+V.

#### Результаты и обсуждение

Количество материалов и параметры разливки указаны в таблицах 2–10.

Таблица 2 – Химический состав стали на выпуске из ДСП

Тип модификатора	Химический состав на выпуске из ДСП, %								Температура на выпуске из ДСП, °С
	C	Si	Mn	P	S	N	Cu	Mo	
Ti	0,07	0,01	0,05	0,009	0,040	0,0059	0,19	0,01	1619
Ti+V	0,06	0,01	0,06	0,005	0,035	0,0064	0,18	0,02	1625
V	0,09	0,01	0,05	0,007	0,028	0,0041	0,15	0,01	1625

Таблица 3 – Количество, присаживаемых материалов в ковш на выпуске из ДСП, кг

Тип модификатора	CaO	FeSiMn	Al чушковый	Науглероживатель
Ti	304	1002	52	126
Ti+V	304	988	51	128
V	304	1016	51	122

Таблица 4 – Количество материалов подаваемых на АКП, кг

Тип модификатора	CaO	CaF <sub>2</sub>	FeSiMn	Науглероживатель	Al катанка, м	FeV
Ti	708	100	454	98	170	-
Ti+V	710	106	306	106	201	107
V	710	108	342	134	184	120

Таблица 5 – Параметры обработки на АКП

Тип модификатора	длительность нахождения металла в ковше, мин.	стойкость стальной ковша, кол - во плавов	температура металла перед отправкой на вакууматор, °С
Ti	69	55	1670
Ti+V	63	49	1678
V	71	8	1660

Таблица 6 – Параметры обработки в ковшевом вакууматоре

тип модификатора	длительность вакуумирования, мин	достигнутое разряжение, mbar	кол-во присаживаемых материалов в ковш на вакууматоре, м		общая длительность обработки на вакууматоре, мин
			после вакуумирования		
			SiCa	FeTi	
Ti	17	0,82	120	651	56
Ti+V	16	0,98	126	902	58
V	18	0,93	148	-	53

Таблица 7 – Химический состав стали после обработки на ковшевом вакууматоре, %

тип модификатора	Химический состав стали после вакуумирования										
	C	Si	Mn	P	S	Cr	V	Ca	Al	N	Ti
Ti	0,33	0,30	1,39	0,010	0,011	0,08	-	0,0028	0,033	0,0086	0,027
Ti+V	0,35	0,33	1,39	0,009	0,010	0,06	0,066	0,0032	0,032	0,0082	0,040
V	0,33	0,31	1,38	0,010	0,008	0,10	0,086	0,0036	0,036	0,0071	-

Таблица 8 – Параметры разлива на МНЛЗ

тип модификатора	Температура пром. ковша, °C	Температура ликвидуса, °C	сечение заготовки D, мм	Температура металла в проковше, °C			время разлива, мин
				начало разлива	конец разлива	ср. перегрев металла, над t° ликвидус, °C	
Ti	1200	1497	210	1525	1523	27	93
Ti+V	1178	1497	210	1521	1515	21	83
V	1212	1498	210	1524	1516	22	86

Таблица 9 – Химический состав стали, %

тип модификатора	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Al	Cu	Ti	Mo	V
Ti	0,34	0,31	1,37	0,010	0,009	0,10	0,12	0,028	0,17	0,028	0,018	0,001
Ti+V	0,34	0,32	1,38	0,010	0,007	0,12	0,11	0,029	0,14	0,0034	0,017	0,086
V	0,34	0,33	1,40	0,009	0,010	0,09	0,13	0,027	0,16	0,049	0,02	0,072

Таблица 10 – Описание макроструктуры заготовок

Тип модификатора	Заключение лаборатории				Анализ макроструктуры, балл			
	СТО 007-2009	№ R	№ заг	ЦП. До 4/до 3	ОХН. До 3	ЛПТ		КТЗ. До 2
						по сеч-ю до 2	Осевые до 3/до 2	
Ti	соотв	2	11	0	1,5	1	0,5	0
Ti+V	соотв	3	10	3	1,5	0,5	1	0,5
V	соотв	1	12	3	1,5	0	1	0,5

Анализ макроструктуры НЛЗ показывает, что все заготовки соответствуют СТО 007-2009, при этом значение ОХН (1,5 балла) имеет одинаковое значение для всех образцов НЛЗ, ЛПТ по сечению заготовки имеет наименьшее значение (0 баллов) для НЛЗ модифицированной ванадием (наибольшее (1 балл) для НЛЗ модифицированной титаном), осевые ЛПТ имеют значение 1 балл для НЛЗ модифицированной как ванадием, так и комплексом Ti+V (для НЛЗ модифицированной Ti значение 0,5 балла), значение КТЗ имеют значение 0,5 балла для НЛЗ модифицированной как ванадием, так и комплексом Ti+V (для НЛЗ модифицированной Ti значение 0 балла).

Таким образом, анализ микроструктуры НЛЗ показывает, что НЛЗ из стали модифицированной ванадием имеет более мелкое и равномерное зерно феррита и перлита по сечению заготовки по сравнению с другими НЛЗ.

**Выводы**

1 Проведены экспериментальные исследования по выплавке низколегированной стали типа 35Г2 с применением в качестве модификаторов Ti, V и комплекса Ti+V.

2 Анализ макроструктуры непрерывнолитых заготовок показал, что все заготовки соответствуют СТО 007-2009, при этом значение ОХН (1,5 балла) имеет одинаковое значение для всех образцов НЛЗ, ЛПТ по сечению заготовки имеет наименьшее значение (0 баллов) для НЛЗ модифицированной ванадием (наибольшее (1 балл) для НЛЗ модифицированной титаном), осевые ЛПТ имеют значение 1 балл для НЛЗ модифицированной как ванадием, так и комплексом Ti+V (для НЛЗ модифицированной Ti значение 0,5 балла), значение КТЗ имеют значение 0,5 балла для НЛЗ модифицированной как ванадием, так и комплексом Ti+V (для НЛЗ модифицированной Ti значение 0 балла).

3 Таким образом, можно сделать выводы, что наиболее приемлемым модификатором для производства НЛЗ из низколегированной стали типа 35Г2 является ванадий. Количество присаживаемого ванадия составляет 0,5 кг/тону стали.

**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 **Chaikin V. A., Chaikin A. V., Bykov P. O., Kasimgazinov A. D.** The new material for steel diffusive deoxidizing in the unit for complex steel treatment // *Chernye Metally*. – 2018. – №9 – P. 10–15.

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 **Kanaev A. T., Bykov P. O., Bogomolov A. V., Reshotkina E. N.** Reducing the Central Porosity of Continuous-Cast Billet by Modification of the Solidification Process. // *Steel in Translation*. – 2012. – № 8. – Vol. 42 – P. 643–645.

8 **Spanov S. S., Zhunusov A. K., Tolymbekova L. B.** Pilot Plant Melting of Steel Using Ferro-Silico-Aluminum at KSP Steel // *Metallurgist*, 2017. – 60(11-12). P. 1149–1154.

9 **Umanskii A. A., Dumova L. V.** Influence of Electromelting Conditions on Rail Quality and Production Costs // *Steel in Translation*. – 48(11). – 2018. P. 712-717.

10 **Chubukov M. Y., Rutskiy D. V., Uskov D. P.** Analyzing the features of non-metallic inclusion distribution in Ø410 mm continuously cast billets of low carbon steel grades // *Materials Science Forum*. – 973 MSF. – 2019. P. 21–25.

## REFERENCES

1 **Serzhanov R. I., Bogomolov A.V., Bykov P.O., Yksan Zh. M.** Povyshenie kachestva nepreryvnolityh zagotovok I termouprochnenogo sortovogo prokata / monografiya pod obshey redakciey R. I. Serzhanova. – Pavlodar : Kereku, 2011. – 258 p.

2 **Danchenko V. N.** Tehnologiya trubnogo proizvodstva. – M. : Intermet Inzhiniring, 2002. – 640 p.

3 **Golubtcov V. A.** Teoria I praktika vvedeniya 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 : monografiya. – Pavlodar : PGU imeni S. Toraighyrov, 2018. –163 p.

5 **Chaikin V. A., Chaikin A. V., Bykov P. O., Kasimgazinov A. D.** The new material for steel diffusive deoxidizing in the unit for complex steel treatment // *Chernye Metally*, 2018.– № 9. – P. 10–15.

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 **Kanaev A. T., Bykov P. O., Bogomolov A. V., Reshotkina E. N.** Reducing the Central Porosity of Continuous-Cast Billet by Modification of the Solidification Process. // *Steel in Translation*. – 2012. – № 8. – Vol. 42 – P. 643–645.

8 **Spanov S. S., Zhunusov A. K., Tolymbekova L. B.** Pilot Plant Melting of Steel Using Ferro-Silico-Aluminum at KSP Steel // *Metallurgist*. – 2017. – 60(11-12). P. 1149–1154.

9 **Umanskii A. A., Dumova L. V.** Influence of Electromelting Conditions on Rail Quality and Production Costs // *Steel in Translation*. – 48(11). – 2018. P. 712–717.

10 **Chubukov M. Y., Rutskiy D. V., Uskov D. P.** Analyzing the features of non-metallic inclusion distribution in Ø410 mm continuously cast billets of low carbon steel grades // *Materials Science Forum*. – 973 MSF. – 2019. P. 21–25.

Материал поступил в редакцию 17.03.22.

**\*П. О. Быков<sup>1</sup>, М. Ж. Тусупбекова<sup>2</sup>, Д. Р. Абсолямова<sup>3</sup>, И. Э. Дейграф<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup>Торайғыров университеті,

Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

Материал баспаға 17.03.22 түсті.

### ЖІКСІЗ ҚҰБЫРЛАРДЫ ӨНДІРУ ҮШІН БОЛАТТЫ МОДИФИКАЦИЯЛАУ

*Жұмыста термиялық беріктендірудің одан әрі процесін болдырмау үшін Е беріктік тобының жіксіз құбырларын өндіру үшін мұнай сортының ванадий төмен легіріленген болатты модификациялау технологиясы зерттелді.*

*Тәжірибелік жолмен 35Mn2 типті төмен легіріленген болатты ванадиймен модификациялау догалы неште бір илақты процеспен балқыту кезінде, Шелек пеші мен Шелек вакууматорында үздіксіз құйылған дайындамалардың макро-және микроқұрылымы бойынша титанмен немесе титан-ванадий кешенімен салыстырғанда негүрлым оңтайлы болып табылатыны анықталды.*

*Салыстырмалы талдау ҰҚД макроқұрылымы (ванадиймен, титанмен және титан-ванадий кешенімен модификациялау) СТО 007-2009 сәйкес келетінін көрсетті, бұл ретте химиялық біртектілігінің освой мәні (1,5 балл) барлық ҰҚД үлгілері үшін бірдей мәнге ие, дайындаманың қимасы бойынша ликвациялық жолақтар жарықтары модификацияланған ванадий ҰҚД үшін ең төменгі мәнге (0 балл) ие (модификацияланған титанмен ҰҚД үшін ең жоғары (1 балл), осьтік ликвациялық жолақтар мен жарықтар ванадиймен де, ti+V кешенімен де модификацияланған НЛЗ үшін 1 балл мәні бар (модификацияланған Ti НЛЗ үшін 0,5 балл мәні бар), шеткі нүктелік ластануының мәні 0,5 балл мәні бар.*

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

**\*P. O. Bykov<sup>1</sup>, M. Zh. Tussupbekova<sup>2</sup>, D. R. Absolyamova<sup>3</sup>, I. E. Deygraf<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup>Toraighyrov University,

Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Material received on 17.03.22.

**MODIFICATION OF STEEL FOR THE PRODUCTION  
OF SEAMLESS PIPES**

*The paper studies the technology of modifying low-alloy steel with vanadium of oil grade for the production of seamless pipes of strength group E in order to exclude the further process of thermal hardening.*

*It has been experimentally revealed that the modification of low-alloy steel type 35G2 with vanadium during smelting by a single-slag process in an arc furnace with finishing on a ladle-furnace unit and a ladle degasser is the most optimal in comparison with titanium or a titanium-vanadium complex in terms of the macro- and microstructure of continuously cast billets (CWB).*

*Comparative analysis showed that the macrostructure of the CWB (modification with vanadium, titanium and titanium-vanadium complex) correspond to STO 007-2009, while the value of the basic chemical inhomogeneity of the OHN (1.5 points) has the same value for all samples of the CWB, liquation stripes and cracks of the LPT across the workpiece section has the lowest value (0 points) for CW modified with vanadium (the highest (1 point) for CW modified with titanium), axial LPT have a value of 1 point for CW modified with both vanadium and the Ti + V complex (for CW modified with Ti, the value 0.5 points), the value of the edge point contamination of CTZ has a value of 0.5 points for the CW modified with both vanadium and the Ti + V complex (for the CW modified with Ti, the value is 0 points).*

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

SRSTI 53.49.21:50.53.15

<https://doi.org/10.48081/RLYO5699>

**A. A. Zinger<sup>1</sup>, A. N. Zhakupov<sup>2</sup>, \*A. V. Bogomolov<sup>3</sup>**

Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar

**PREDICTING STEEL MECHANICAL PROPERTIES  
USING COMPUTER MODELING IN DEFORM 3D**

*This article presents the results of heat-treated low-alloy steel microstructure research using the Deform 3D program, which allows determining the optimal technological parameters of steel hardening. The object of research is pipe steel grade 12CrMoV. To determine and evaluate the heat treatment parameters affecting the increase in mechanical properties, the results of modeling in the specified program were used. To compare the results, we used the method for determining the mechanical properties during tensile testing (GOST 1497-84).*

*In order to determine the technological parameters of heat treatment for obtaining pipes of a high strength group, the mode of thermal cyclic hardening of steel was simulated, followed by low-temperature tempering, which allows obtaining properties at the level of: tensile strength – not less than 931 MPa, yield strength – in the range 862–1034 MPa, elongation – not less than 9.0 %.*

*The values of the mode parameters were selected according to the recommendations: heating temperature – 860 °C; tempering temperature – 150 °C. The results of modeling the heat treatment process were confirmed by tensile tests, as a result of which mechanical properties were obtained: tensile strength – 1093 MPa, yield point – 937 MPa and relative elongation – 11.4 %, corresponding to the property values of the Q125 strength group.*

*Keywords: Thermal cyclic treatment, modeling, hardening, microstructure, mechanical properties.*

**Introduction**

Heat treatment of steels is a complex process that requires the determination of the following technological parameters: heating temperature, holding time, tempering temperature, cooling rate. The optimal mode of heat treatment makes it possible to save energy and time resources of the plant. To increase the efficiency and confirm the reliability of the proposed technological parameters, simulation is used in computer simulation systems such as Deform, Simufact Forming, Q-Form.

In this research, the Deform program was used for modeling, as the most reliable one [1–2]. The specified program uses the Heat Treatment module, which outputs the results of mechanical properties, phase composition, grain size, and structure inhomogeneity in the postprocessor.

The aim of this work is to determine the dependence of the structure formation and mechanical properties on temperature parameters, as well as to determine the optimal

heat treatment mode for the production of the Q125 strength group according to the API standard for steel grade 12CrMoV.

**Materials and methods**

The object of research is pipe steel grade 12CrMoV with indicators according to [3]. To determine and evaluate the heat treatment parameters affecting the increase in mechanical properties, the results of modeling in the specified program were used. To compare the results, we used the method for determining the mechanical properties during tensile testing (GOST 1497-84) [4–7].

In order to determine the technological parameters of heat treatment for obtaining pipes of a high strength group, the mode of thermal cyclic hardening of steel was simulated, followed by low-temperature tempering, which allows obtaining properties at the level of: tensile strength – not less than 931 MPa, yield strength – in the range 862–1034 MPa, elongation – not less than 9.0 %.

The values of the mode parameters were selected according to the recommendations: heating temperature – 860 °C (critical point of phase transformation Ac3) [3]; tempering temperature – 150 °C (temperature of preservation of the martensite structure for steel 12CrMoV) [3]; heating time – according to the recommendations [8]; holding time during heating for hardening – 1.5–2 minutes per 1 mm of section [3]; holding time during vacation – 1 hour [9]; cooling rate during quenching – 150 °C/s (thermokinetic diagram for steel 12CrMoV); cooling time in air after tempering – according to [10].

**Results and discussion**

As a result of modeling, according to the scheme shown in Figure 1, the following results were obtained (where i is the number of quenching cycles):

Microstructure. Figure 2 shows the microstructure at different heat treatment modes: from one quenching cycle and higher, followed by low tempering.

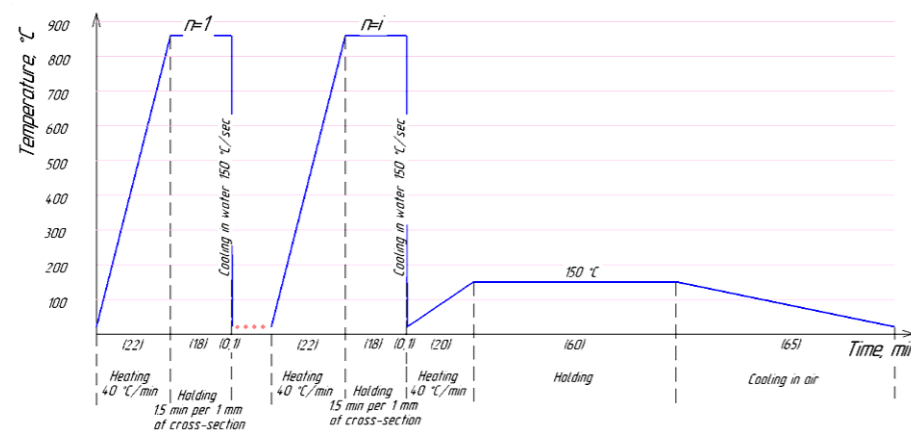
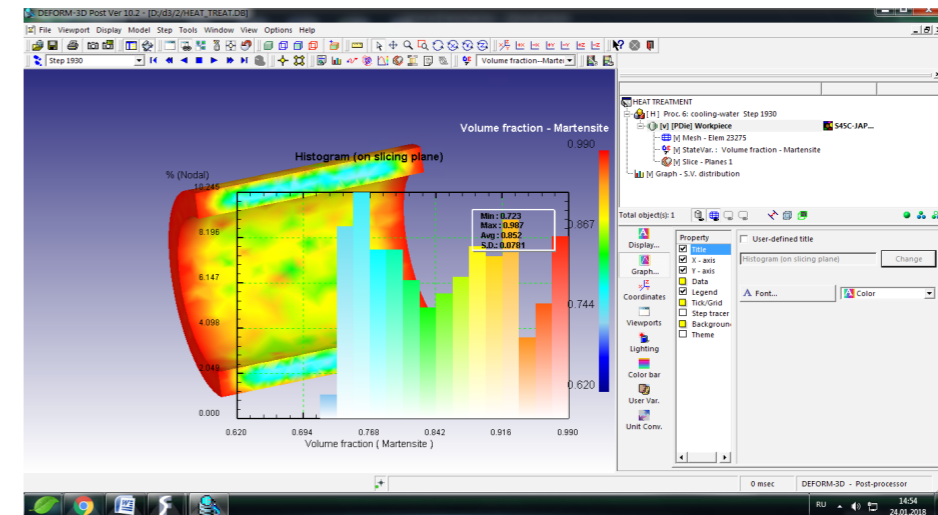


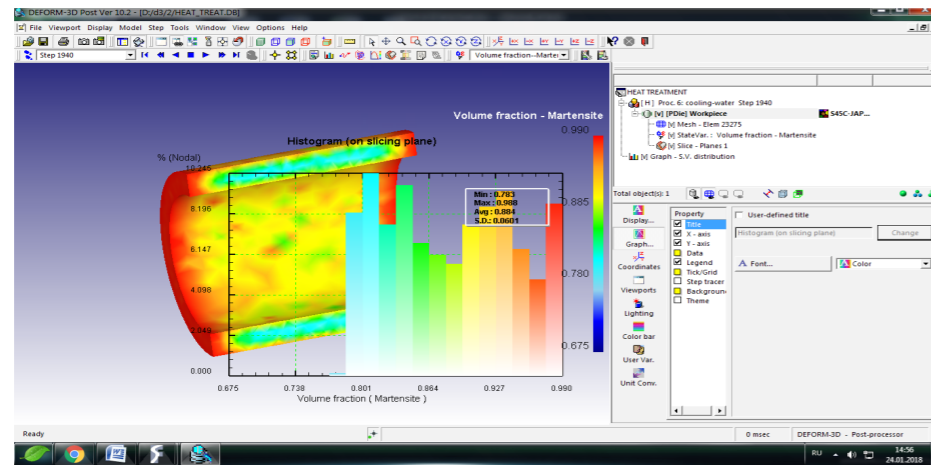
Figure 1 – Heat treatment scheme

Analyzing the microstructures, it can be seen that the largest amount of martensite was recorded during three quenching cycles. The values of the graphs indicate that during one quenching cycle followed by tempering from the pipe core to the surface, the amount of martensite is from 72.3 to 98.7 %, with increasing cycles, this amount accordingly increases from 78.3 to 98.8 % of martensite and further at three cycles from 85.4 to 99.2 %. However, with four cycles, a gradual decrease occurs - from 81.9 to 99.0 %, which tentatively suggests a decrease in strength properties, since a decrease in the martensite phase causes an increase in troostite, which has a lower hardness and, accordingly, the strength of steel. In addition, a decrease in the amount of the martensite phase with four quenching cycles gives a recommendation that it is unreasonable to further increase the cycles of thermal cycling.

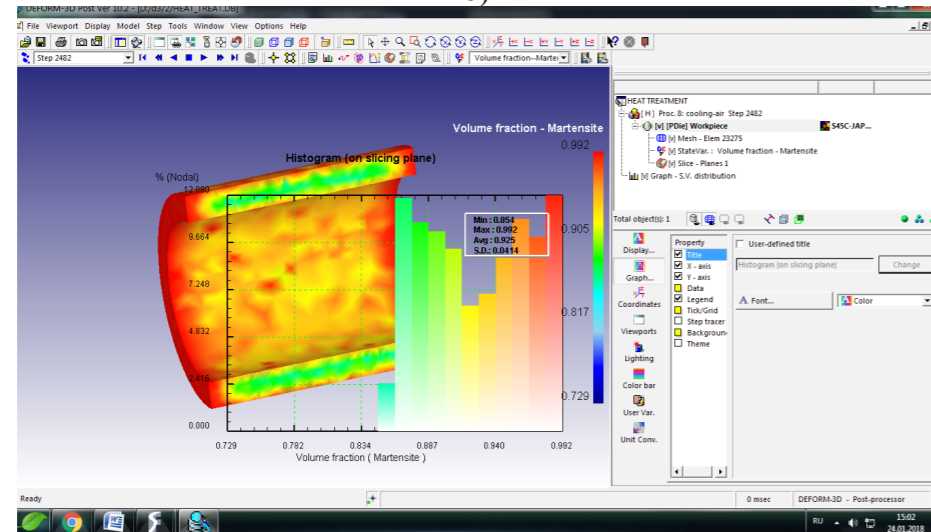
Hardness. Figure 3 shows the hardness results for various thermal cycling modes. It can be seen that the average value of hardness between the center and the surface of the pipe is 53.0 HRC, which is the maximum, which is revealed during three quenching cycles. At the same time, an increase in hardness from one cycle to three is confirmed by the analysis of the results of the microstructure in terms of the number of phase components.



a)



b)



c)

Figure 2 – Microstructure of 12CrMoV steel at 1-3 hardening cycles (a – one cycle; b – two cycles; c – three cycles)

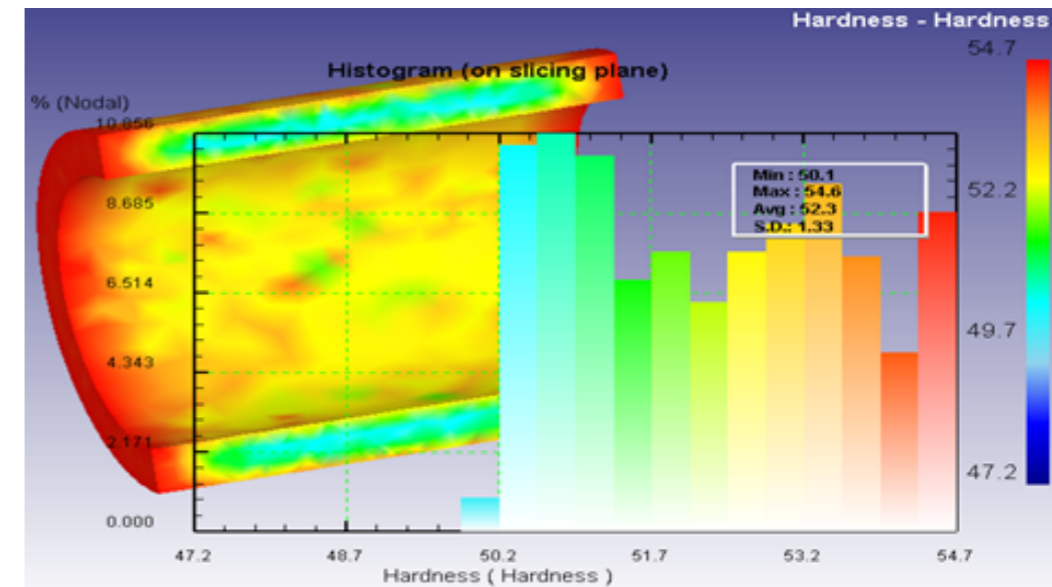


Figure 3 – Hardness of 12CrMoV steel at 4 hardening cycles

Mechanical properties. To determine the parameters normalized by the API 5CT standard, namely the tensile strength, yield strength and relative elongation, the tensile stress of a standard 12CrMoV steel sample made was modeled in Deform 3D Forming, as shown in Figure 4. At the same time, the material was used from the thermal cooling database at the last step in each mode. As a result, the data were obtained, the values of which are indicated in Table 1.

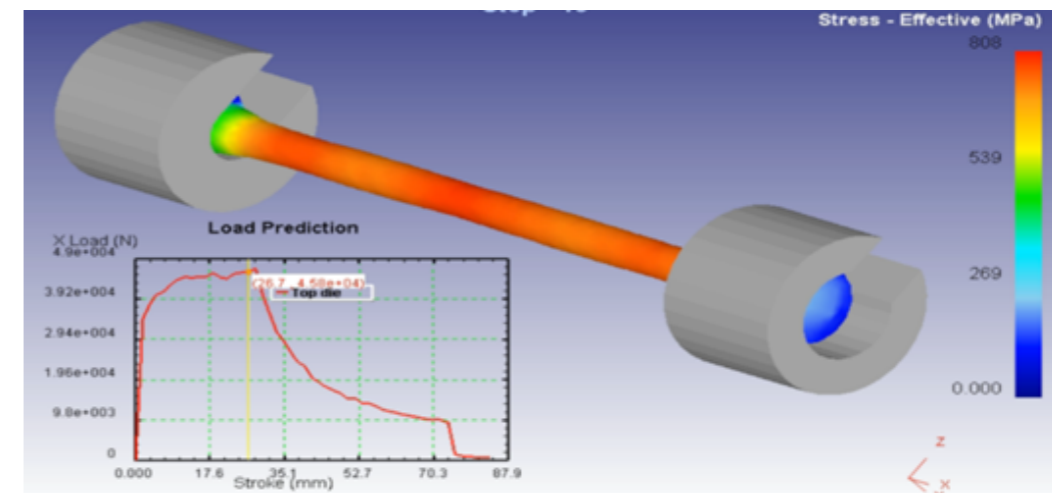


Figure 4 – Simulated tensile test of a 12CrMV steel sample

Table 1 – Simulated tensile test results

Indicator	1 cycle	2 cycles	3 cycles	4 cycles
Tensile strength, MPa	925	997	1080	975
Yield strength, MPa	745	848	928	825
Elongation, %	10,1	10,8	11,1	9,8

To confirm the results of computer simulation of heat treatment in the Deform 3D HT program, samples were cut from a tubing with a diameter of 88.9 mm and a wall thickness of 12 mm from 12CrMoV steel, obtained using the current production technology of «KSP Steel» LLP. that is, from one quench cycle followed by low tempering to four cycles, three specimens were processed according to the heat treatment scheme in Figure 1. After the treatment, all specimens were tensile tested to determine mechanical properties. At the same time, the results shown in Figure 5 were obtained (0 cycles corresponds to the initial state of the metal).

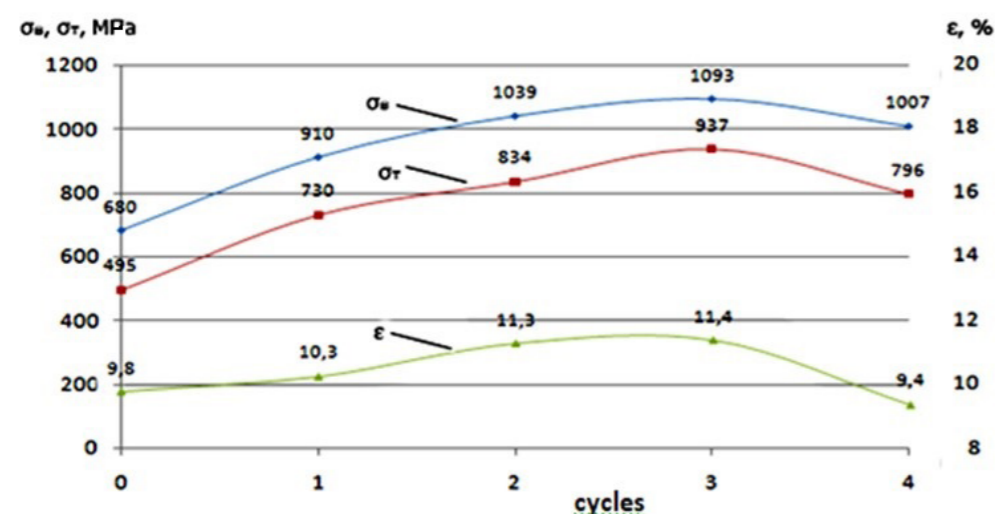


Figure 5 – Tensile test of steel 12CrMV

As can be seen from Figure 5, the maximum mechanical properties, namely the tensile strength equal to 1093 MPa, the yield strength – 937 MPa and the relative elongation – 11.4 % are observed during three quenching cycles followed by tempering. Three samples were used for each mode and the graph shows average values, the results obtained correspond to the Q125 strength group according to API 5 CT standard. The relative error of the calculated and experimental data ranges from 0.96 to 4.04 %. This confirms the sufficient accuracy and efficiency of computer modeling in the Deform 3D HT environment for predicting mechanical properties during heat treatment of steel.

### Conclusions

1 Computer modeling in the Deform 3D HT environment makes it possible to effectively predict the mechanical properties of steels, depending on the technological parameters and heat treatment modes for steel hardening;

2 Comparing the results of tensile tests of computer simulation in Deform 3D and the actual, the relative calculation error does not exceed 4.04 %;

3 The results of computer modeling and the performed mechanical tests confirm the effectiveness of the thermal cycling modes use for obtaining pipes of strength group Q125 from steel 12CrMoV: the number of cycles – 3, heating temperature – 860 °C, tempering temperature – 150 °C, cooling rate – 150 °C/sec.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Лежнев, С. Н.** Использование комплекса «DEFORM 2D/3D» в научной работе при разработке новых инновационных технологий [Текст] // *Металлургия. Технология новых материалов «CAD и графика – 2009»*. – С. Н. Лежнев, Е. А. Панин, И. В. Чуманов. – М.: 2009. – Т. 5. – С. 92–93.

2 **Iyengar, S.** Heat Treatment of Low-Alloyed Steel up to Grade Q125 / Iyengar S., Bogomolov A. V., Zhakupov A. N. [Text] // *Solid State Phenomena*. – 2017. – V. 265. – P. 981–987.

3 **Седов, Ю. Е.** Справочник молодого термиста / Ю. Е. Седов, А. М. Адашкин [Текст] // М.: Высшая школа, 1985. – 239 с.

4 **Федюкин, В. К.** Термоциклическая обработка сталей и чугунов. [Text]. // Л.: Машиностроение, 1977. – 384 с.

5 **Приходько, В. М.** Металлофизические основы упрочняющих технологий / В. М. Приходько, Л. Г. Петрова, О. В. Чудина [Текст] // М.: Машиностроение, 2003. – 381 с.

6 **Журавлев, Л. Г.** Физические методы исследования металлов и сплавов / Л. Г. Журавлев, В. И. Филатов [Text]. // Челябинск: изд-во ЮУрГУ, 2004. – 165 с.

7 **Итыбаева, Г. Т.** Методы прогнозирования качества сварных труб / Г. Т. Итыбаева, А. К. Акылбеков, Л. Р. Мусина // *Наука и техника Казахстана*. – 2019. – № 2. – С. 13–27.

8 **Гребенков, С. К.** Деформационное упрочнение и структура термоупрочненных низкоуглеродистых мартенситных сталей / дисс. канд. техн. наук [Текст] // Пермь – 2014. – 167 с.

9 **Смирнов, М. А.** Влияние структуры на деформационное старение низкоуглеродистой стали / М. А. Смирнов, И. Ю. Пушминцев, О. В. Барнак и А. Н. Мальцева [Текст] // *Деформация и разрушение материалов*. – 2014. – No. 8. – С. 9-15.

10 **Tanigawa, H.** Irradiation effects on precipitation and its impact on the mechanical properties of reducedactivation ferritic/martensitic steels / H. Tanigawa [et al.] // *Journal of Nuclear Materials*. – 2007. – № 367–370. – P. 42–47.

- 1 **Lezhnev, S.N.** Ispol'zovanie kompleksa «DEFORM 2D/3D» v nauchnoj rabote pri razrabotke novy'x innovacionny'x tehnologij [The use of the complex «DEFORM 2D/3D» in scientific work in the development of new innovative technologies] / Lezhnev, S. N., Panin E. A., Chumanov I. V. [Text]. // Metallurgy. Technologies of new materials «CAD and graphics». – 2009. – V. 5. – P. 92–93.
- 2 **Iyengar, S.** Heat Treatment of Low-Alloyed Steel up to Grade Q125 /Iyengar S., Bogomolov A.V., Zhakupov A.N. [Text] // Solid State Phenomena. – 2017. – V. 265. – P. 981–987.
- 3 **Sedov, Yu. E.** Spravochnik molodogo termista [ Handbook of a young thermist ] / Sedov Yu. E., Adaskin A. M. [Text] // Moscow : Higher school, 1986. – 239 p.
- 4 **Fedyukin, V.K.** Termotsiklicheskaya obrabotka staley i chugunov [Thermocyclic treatment of steels and cast irons] / V.K. Fedyukin. [Text]. // Leningrad : Mashinostroyeniye, 1977. – 384 p.
- 5 **Prilhodko, V. M.** Metallofizicheskiye osnovy uprochnyayuchshikh tekhnologiy [ Metal physical principles of strengthening technologies ] / V. M. Prikhodko, L. G. Petrova, O. V. Chudina. [Text]. // Moscow : Mashinostroyeniye, 2003. – 381 p.
- 6 **Zhuravlev, L.G.** Phizicheskiye metody issledovaniys metallov i splavov [Physical research methods of metals and alloys] / L. G. Zhuravlev, V. I. Filatov [Text]. // Chelyabinsk : Publ. YuUrGU, 2004. – 165 p.
- 7 **Ity'baeva, G. T.** Metody` prognozirovaniya kachestva svarny'x trub [ Methods for predicting the quality of welded pipes] / G. T. Ity'baeva, A. K. Aky'lbekov, L. R. Musina [Text] // Scientific Journal «Science and Technology of Kazakhstan». Pavlodar, Kazakstan. – 2019. – № 2. – P. 13–27.
- 8 **Grebenkov, S.K.** Deformatsionnoye uprochneniye i struktura termouprochnyonykh nizkouglerodistykh martensitnykh staley [Deformation strengthening and structure of heat-treated low-alloyed martensite steels] / S. K. Grebenkov [Text] // Dis.of PhD in Engineering Sciences /S. K. Grebenkov. – Perm, 2014. – 167 p.
- 9 **Smirnov, M. A.** Vliyaniye struktury na deformatsionnoye starenie nizkouglerodistykh stali [Influence structure on stress aging of low-alloyed steel]/ M. A. Smirnov, I. Yu. Pyshmintsev, O. V. Barnak, A. N. Maltseva [Text] // Deformation and rupture of materials [Deformatsiya i razrusheniye materialov]. – 2014. – No. 8. – P. 9–15.
- 10 **Tanigawa, H.** Irradiation effects on precipitation and its impact on the mechanical properties of reducedactivation ferritic/martensitic steels / H. Tanigawa [et al.] // Journal of Nuclear Materials. – 2007. – № 367–370. – P. 42–47.

Материал поступил в редакцию 17.03.22.

**А. А. Зингер<sup>1</sup>, А. Н. Жакупов<sup>2</sup>, \*А. В. Богомолов<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.  
Материал баспаға 17.03.22 түсті.

### DEFORM 3D-ДЕ КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛЬДЕУДІ ҚОЛДАНА ОТЫРЫП БОЛАТТЫҢ МЕХАНИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН БОЛЖАУ

*Болатты нығайтудың оңтайлы технологиялық параметрлерін анықтауға мүмкіндік беретін Deform 3D бағдарламасын қолдана отырып, термиялық өңделген төмен қосындыланған болаттың микроқұрылымын зерттеу нәтижелері ұсынылған. Зерттеу нысаны 12ХМФ маркалы құбырлы болат. Механикалық қасиеттердің жоғарылауына әсер ететін термиялық өңдеу параметрлерін анықтау және бағалау үшін осы бағдарламада модельдеу нәтижелері қолданылды. Нәтижелерді салыстыру үшін ГОСТ 1497-84 сәйкес созылу сынағы кезінде механикалық қасиеттерді анықтау әдісі қолданылды.*

*Беріктілігі жоғары топтағы құбырларды алу үшін термиялық өңдеудің технологиялық параметрлерін анықтау мақсатында болатты төмен температуралы жасытумен термоциклді беріктендіру тәртіптемесі модельденді, бұл келесі деңгейде қасиеттер алуға мүмкіндік береді: созылудың беріктік шегі – 931 Мпа кем емес, аққыштық шегі – 862–1034 МПа диапазонында, салыстырмалы ұзаруы – 9,0 % кем емес.*

*Модельдеу параметрлерінің мәндері болаттың химиялық құрамын ескере отырып таңдалды: қыздыру температурасы – 860 °С, жасыту температурасы – 150 °С. Термиялық өңдеу процесін модельдеу нәтижелері созылу сынақтарымен расталды, нәтижесінде келесі механикалық қасиеттер алынды: созылудың беріктік шегі – 1093 МПа, аққыштық шегі – 937 МПа және салыстырмалы ұзаруы – 11,4 %, Q125 беріктік тобы қасиеттерінің мәндеріне сәйкес келеді.*

*Кілтті сөздер: термоциклді өңдеу, модельдеу, беріктендіру, микроқұрылым, механикалық қасиеттері.*

**А. А. Зингер<sup>1</sup>, А. Н. Жакупов<sup>2</sup>, \*А. В. Богомолов<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Торайғыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар.  
Материал поступил в редакцию 17.03.22.

### ПРОГНОЗИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТАЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В DEFORM 3D

*Представлены результаты исследования микроструктуры термообработанной низколегированной стали с использованием программы Deform 3D, позволяющей определить оптимальные технологические параметры упрочнения стали. Объектом исследования является трубная сталь марки 12CrMV. Для определения и оценки параметров термообработки, влияющих на повышение механических свойств, были использованы результаты моделирования в указанной программе. Для сравнения результатов использовали*



метод определения механических свойств при испытании на растяжение по ГОСТ 1497-84.

С целью определения технологических параметров термообработки для получения труб группы высокой прочности был смоделирован режим термоциклического упрочнения стали с последующим низкотемпературным отпуском, который позволяет получить свойства на уровне: предел прочности при растяжении – не менее 931 МПа, предел текучести – в диапазоне 862–1034 МПа, относительное удлинение – не менее 9,0 %. Значения параметров моделирования были выбраны в соответствии с учетом химического состава стали: температура нагрева – 860 °С, температура отпуска – 150 °С. Результаты моделирования процесса термообработки были подтверждены испытаниями на растяжение, в результате которых были получены механические свойства: предел прочности при растяжении – 1093 МПа, предел текучести – 937 МПа и относительное удлинение – 11,4 %, соответствующие значениям свойств группы прочности Q125.

Ключевые слова: термоциклическая обработка, моделирование, упрочнение, микроструктура, механические свойства.

МРНТИ 53.03.03

<https://doi.org/10.48081/KNZZ6329>

**Е. Ж. Шабанов<sup>1</sup>, Д. Р. Мұздыбаев<sup>2</sup>, А. С. Байсанов<sup>3</sup>,  
А. К. Жакудаева<sup>4</sup>, \*Р. Т. Төлеуқадыр<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3,4,5</sup>Химико-металлургический институт имени Ж. Абишева,  
Республика Казахстан, г. Караганда

### **АНАЛИЗ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ ВЫПЛАВКИ КРЕМНИЙ-АЛЮМИНИЙ-ХРОМОВОГО ФЕРРОСПЛАВА, ВЫПОЛНЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «ТЕРРА»**

В статье приведены результаты термодинамических исследований выплавки кремний-алюминий-хромового ферросплава с применением программного комплекса «ТЕРРА» (ПК «Терра»).

В основе программного комплекса «TERRA» использован метод полного термодинамического моделирования (ПТМ) металлургических процессов.

Процесс выплавки комплексного сплава алюмосиликохрома (ФАСХ – железо, алюминий, кремний, хром) является одностадийным и бесшлаковым, который заключается в полном восстановлении оксидов минеральной части угля. Зола угля, состоящая преимущественно из кремнезема (до 55–60 %) и глинозема (до 30–33 %) являлась источником кремния и алюминия в сплаве.

В результате исследований были установлены основные существующие конденсированные и газовые фазы ( $CaSiO_3$ , C,  $SiO_2$ ,  $Cr_3C_2$ ,  $Al_2SiO_5$ ,  $Fe_3C$ , SiC,  $Cr_5Si_3$ ,  $Al_2O_3$ , CrSi,  $CaAlO_4$ ,  $CrSi_2$ , CO, Cr, Si, Al, Fe). С помощью комплексной программы «ТЕРРА» были определены составы металлической, шлаковой и газовой фазы и подтверждены их температурные изменения.

Таким образом, с помощью ПК «Терра» нами были изучены образование, переход и удаление разных фаз, которые в сумме составляет состав полученного металла из исследуемых материалов.

Данные исследования также могут служить источником для определения температуры восстановления и плавления металла при выплавке различных марок ферросплавов.

Ключевые слова: термодинамический анализ, конденсированные фазы, газовые фазы, термодинамическое моделирование, алюмосиликохром, высокозольный уголь, программный комплекс, термодинамический исследования.

### **Введение**

Процесс выплавки комплексного сплава алюмосиликохрома (ФАСХ – железо, алюминий, кремний, хром) является одностадийным и бесшлаковым. Способ получения ФАСХ заключается в полном восстановлении оксидов

минеральной части угля. Такой метод ведения плавки способствует высокому использованию компонентов шихты, а применение низкосортных дешевых высокозольных углей позволяет получить сплав с низкой себестоимостью, а также повысить качество сплава путем стабилизации хода процесса и повышения производительности печи за счет высокого электросопротивления применяемого угля, обеспечивающего глубокую посадку электродов плавильной печи. Зола угля, состоящая преимущественно из кремнезема (до 55–60 %) и глинозема (до 30–33 %) является источником кремния и алюминия в сплаве [1–3].

#### Материалы и методы

Расчет термодинамического равновесия произвольных многокомпонентных систем заключается в определении всех равновесных параметров, термодинамических свойств, а также химического и фазового состава. При достаточно высокой температуре, когда любые изменения состояния сопровождаются фазовыми, полиморфными и химическими превращениями, эта задача неизмеримо более сложна, чем в постановке классической термодинамики. Однако благодаря тому, что фундаментальные термодинамические законы остаются справедливыми для любых систем, их правильное применение позволяет решить задачу расчета термодинамического равновесия в общем случае. Рассмотрение в рамках единого подхода существенно различающихся процессов и состояний возможно только при известной формализации модельного описания изучаемых объектов. Любая рассматриваемая термодинамическая система будет характеризоваться относительным и абсолютным содержанием в ней химических элементов (моль/кг). По условию оно остается неизменным при установлении равновесия от произвольного состояния и является достаточным для описания системы, как материального объекта [4, 5].

Для анализа углетермического взаимодействия использован метод полного термодинамического моделирования (ПТМ) металлургических процессов, реализованный в компьютерной системе – ПК «ТЕРРА» [6]. Для термодинамических расчетов выплавки алюмосиликохрома (ФАСХ) был использован метод полного термодинамического моделирования металлургических процессов (ПТМ) в программном комплексе «ТЕРРА», основанный на принципе максимума энтропии и учитывающий все известные свойства реагирующих компонентов, составляющих термодинамическую систему. Программный комплекс «ТЕРРА» разработан в МГТУ им. Баумана и адаптирован для расчета равновесий в многокомпонентных металлургических системах Институтом металлургии УрО РАН. В соответствии с методикой расчетов в качестве равновесного признается состав, отвечающий условию максимума энтропии изолированной системы.

Равновесное состояние описывается:

- составом системы (в молях, кг, мас. %, парциальных давлениях);
- набором шести термодинамических параметров системы: 1) общим давлением  $P$ , атм; 2) температурой  $T$ , К; 3) объемом  $V$ , м<sup>3</sup>; 4) полной внутренней энергией  $U$ , Дж; 5) полной энтальпией  $I$ , Дж; 6) энтропией  $S$ , Дж/К.

Все остальные характеристики рассчитываются по известным термодинамическим соотношениям, которые используются во всех современных исследованиях [7–15]. Исходными данными для расчета являются:

- исходный состав системы (при восстановлении руд - это состав шихты);
- два из шести перечисленных выше параметров, например,  $P=1$  атм,  $T=1873$ К;
- температурные зависимости полной энтальпии  $I$  и энтропии  $S$  индивидуальных веществ (эти сведения заложены в базу термодинамических данных комплекса «ТЕРРА»).

Для установления оптимального температурного режима плавки алюмосиликохрома было проведено компьютерное моделирование указанного процесса с применением программного комплекса «ТЕРРА». В основе программы заложен метод полного термодинамического анализа (ПТА), основанный на принципе максимума энтропии и учитывающий все известные свойства реагирующих компонентов, составляющих термодинамическую систему [7]. В качестве исходного объекта был выбран процесс выплавки алюмосиликохрома с применением высокозольных углей и хромитового металлоконцентрата, а параметры процесса – температура, давление и химический состав шихты – практически соответствовали параметрам реального процесса. Полное термодинамическое моделирование (ПТМ) для выплавки алюмосиликохрома проведено в интервале температур 1000–2500 °С с шагом 100 °С и при давлении  $P = 0,1$  МПа. Количество углерода для восстановления ведущих компонентов рассчитано постехиометрии [8].

Технический анализ и химические составы золы высокозольного угля, месторождения «Борлы» кварцита и хромитового металлоконцентрата представлены в таблице 1. В соответствии с требованием смесь шихтовых материалов была рассчитана на 100 % всех компонентов, соединений и элементов.

Состав шихты был следующий: борлинский высокозольный уголь – 100 кг, кварцит – 20 кг, хромитовый металлоконцентрат – 35 кг.

Графики изменения состава различных конденсированных фаз представлены на рис. 1–2.

Анализ кривых из графика, представленного на рисунке 1, показывает образования, и некоторые изменения содержания состава конденсированных фаз при плавке алюмосиликохрома происходящих в температурном интервале 1000–2500 °С. Из графика видно, что концентрация некоторых конденсированных фаз в интервале температур 1000–1500 °С имеет стабильное содержание, потом резко уменьшается и исчезает. К вышеназванным фазам относятся: субоксид кремния  $\text{SiO}_2$  (15,93 %), карбид хрома  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  (16,91 %), а также графит  $\text{C}$  (19,35 %).

Таблица 1 – Технический анализ и химический состав золы высокозольного угля, кварцита и хромитового металлоконцентрата

Материал	Содержание компонентов, мас. %, %						
	Технический анализ						
Высокозольный уголь месторождения «Борлы»	A <sup>c</sup>		V <sub>лет</sub>			C	
	59,2		16,89			23,5	
	Химический состав остатка золы						
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S
	2,3	73,78	21,52	0,58	0,34	0,1	0,34
Кварцит	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51
Хромитовый металлоконцентрат	Cr	Si	C		S		P
	61,59	61,59	61,59		61,59		61,59

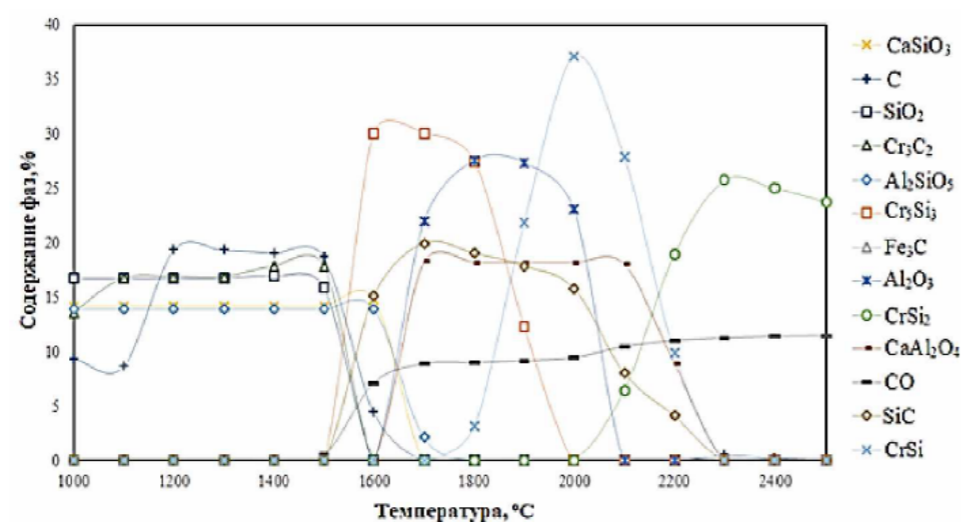


Рисунок 1 – Переход основных фаз в конденсированную фазу при увеличении температуры

Субоксид кремния образуется преимущественно при взаимодействии высшего оксида с кремнием. Однако протекание этой реакции возможно только при температуре выше 1713 °С. При этой температуре начинает плавиться кремнезем, и расплавленный оксид находится в более тесном контакте с кремнием в металле. Субоксид кремния образуется восстановлением кремнезема окисью углерода и при диссоциации кремнезема. Далее он вступает в реакцию с углеродом и образуется карбид (рисунок 1). Кроме того, карбид кремния образуется и непосредственно при восстановлении кремнезема углеродом. При температуре 1593 К возможно восстановление муллита. Удержание метасиликата кальция (CaSiO<sub>3</sub>) также, до 1500 °С имеет стабильное содержание и находится в пределах 13,98–14,85 %, затем температуре 1700 °С данная фаза полностью исчезает.

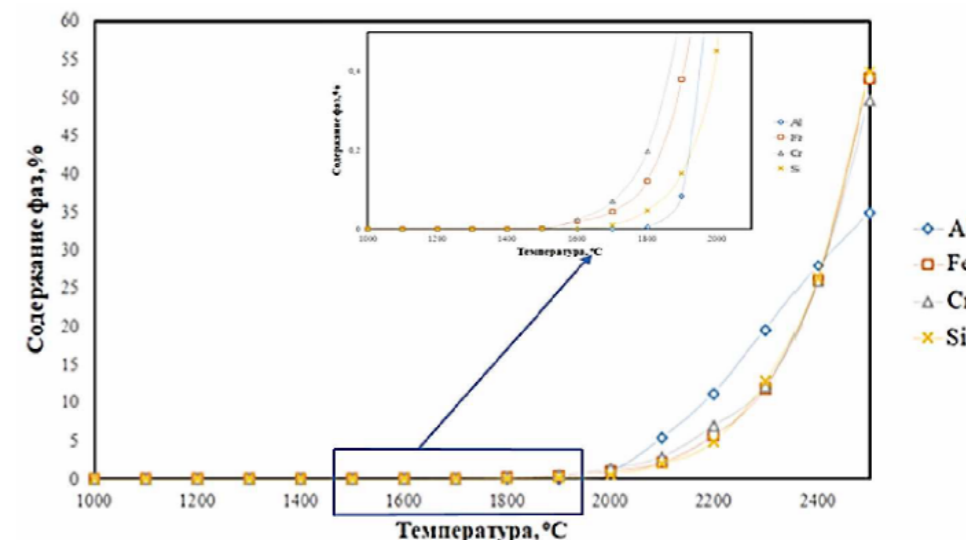
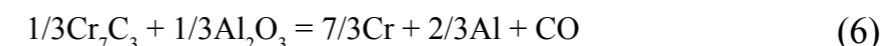
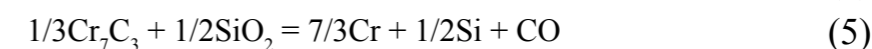
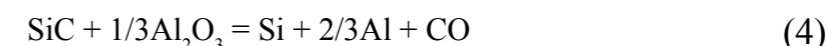
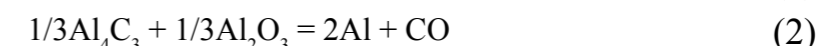
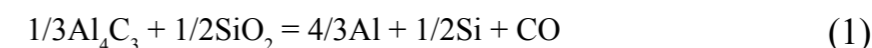


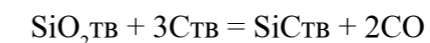
Рисунок 2 – График изменения содержания компонентов от температуры при выплавке алюмосиликохрома

При совместном восстановлении оксидов хрома, кремния и алюминия появляются факторы, которые облегчают процесс получения комплексного сплава алюмосиликохрома. Для определения взаимного влияния компонентов шихты и промежуточных продуктов процесса на ход восстановительной плавки целесообразно рассмотреть взаимодействие между карбидами SiC, C<sub>7</sub>C<sub>3</sub>, Al<sub>4</sub>C<sub>3</sub> и оксидами SiO<sub>2</sub> и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> по реакциям:



Интенсивное восстановление кремнезема (SiO<sub>2</sub>) углеродом начинается при температуре 1600 °С. В продуктах восстановления появляется кремний в виде карбидов (SiC, SiC<sub>2</sub>, Si<sub>2</sub>C).

Как видно из графика (рисунок 1), при температуре 1900 °С наблюдается резкий подъем кривой SiC и, наоборот, падение линии CO что указывает на осуществление следующей реакций:



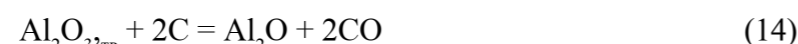
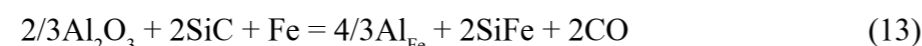
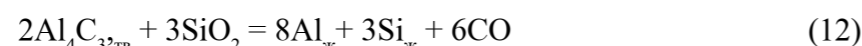
Далее с повышением температуры сохраняется продолжение реакции  $\text{SiO}_2^{\wedge} + \text{C}_{\text{ТВ}} = \{\text{SiO}\} + \text{CO}$ , и обуславливает появление новых [9]:



При температуре 1600 °С помимо восстановления оксидов кремния и железа происходит восстановление глинозема ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )

Силикаты алюминия при высоких температурах начинают разлагаться на  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{SiO}_2$  или реагируют с углеродом. Такое же превращение будет претерпевать и минеральная часть углей, в которой содержится значительное количество каолинита ( $\text{Al}[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$ ).

Далее с повышением температуры выше 1800 °С идут реакции по следующей схеме:



Как видно из реакции (15), при повышенном содержании кремнезема в шихте карбид алюминия неустойчив и сразу взаимодействует с кремнеземом, при этом образуют кремнеалюминиевый сплав.

При восстановлении окиси алюминия углеродом образуется субоксид алюминия по реакциям [10,11]:



#### Результаты и обсуждение

По результатам термодинамического анализа, проведенной в работе [12] следует, что образование  $\text{AlO}$  мало вероятно, что и подтверждается данными пТА. Появление  $\text{Al}_2\text{O}$ , наоборот, возможно наряду с образованием карбида и металлического алюминия.

Поскольку получение алюмосиликохрома - процесс высокотемпературный, то роль субоксидов в нем является существенной. Субоксид  $\text{AlO}$  менее прочен, чем  $\text{CO}$ , поэтому газообразный  $\text{AlO}$  в присутствии  $\text{CO}$  восстанавливается углеродом. Другой субоксид алюминия  $\text{Al}_2\text{O}$  как соединение более прочное, чем  $\text{CO}$ , проходит через слой шихты невосстановленным и уходит с отходящими газами. Этим можно объяснить высокие потери алюминия при плавке алюмосиликохрома.

Из графика (рисунок 1) видно, что, в интервале температур 1500–2100 °С, все железо, восстановленный из золы угля и поступающий из отсеков в виде металлического железа сразу же переводится в более стабильное состояние - карбид железа ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ), содержание которого к 2100 °С резко снижается за счет образования силицидов железа.

#### Выводы

В связи со спецификой программы «ТЕРРА» элементарные кремний и алюминий отнесены к газовой фазе, вследствие их повышенной летучести при температурах более 1800 °С, поэтому авторами в соответствии с реальным процессом возгоняющиеся кремний и алюминий отнесены к конденсированной фазе образующегося сплава (рисунок 2). Стабильное увеличение содержания кремния и алюминия, при восстановлении их оксидов углеродом, в системе наблюдается после 1900 °С. Максимальное их содержание отмечено при температурах более 2500 °С и составляет Si 53,32 %; 34,89 % Al; 49,69 % Cr; 52,59 % Fe.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Шабанов Е., Байсанов С., Исагулов А., Байсанов А., Чекимбаев А., Жаксылыков Д. Получение комплексного сплава алюмосиликохрома // Журнал «Промышленность Казахстана». – Алматы, 2013. – № 5. – С. 44–45.

2 Шабанов Е.Ж., Байсанов С.О., Байсанов А.С., и др. Термодинамическое моделирование процесса выплавки алюмосиликохрома из высокозольных углей // Материалы VIII междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и студентов «Роль науки в реализации стратегии индустриально-инновационного развития Республики Казахстан». – Актобе, 2012. – С. 88–90.

3 Шабанов Е. Ж. Разработка технологии выплавки алюмосиликохрома из высокозольных углей карагандинского бассейна и отсеков высокоуглеродистого феррохрома : Дисс.на соиск. уч. степени доктора философии PhD. – Караганда, 2016. – 117 с.

4 Синярев Г. Б., Ватолин Б. Г., Трусов Б. Г., Моисеев Г. К. Применение ЭВМ для термодинамических расчетов металлургических процессов. – М. : Наука, 1982. – 263 с.

5 Моисеев Г. К., Вяткин Г. П. Термодинамическое моделирование в неорганических системах. – Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 1999. – 256 с.

6 Симбинов Р. Д., Малышев В. П. Термодинамическое, стехиометрическое и эксергетическое моделирование фазовых равновесий. – Алматы : Гылым, 1999. – 100 с.

7 Цветная металлургия капиталистических стран в 1965 г. – М. : Центральный научноисследовательский институт информации и технико-экономических исследований цветной металлургии, 1966. – 112 с.

8 **Нурумғалиев А. Х.** Моделирование и анализ в системе Al-O-C // Технология производства металлов и вторичных материалов. – Темиртау : КарМетИ, 2007, № 2 (12). – С. 67-72.

9 **Байсанов С. О.** Закономерности фазовых равновесий в металлургических системах и разработка на их основе эффективных технологий выплавки ферросплавов : Дисс. на соиск. уч. ст. докт. техн. наук. – Караганды, 2002. – 295 с.

10 **Кожевников Г. Н.** К теории восстановления окиси алюминия углеродом: труды института металлургии и обогащения. – А4 КазССР, 1964. – Выпуск № 10.

11 **Белецкий М. С., Раппопорт М. В.** – ДАН СССР, 1951. – Т. 80. – № 5.

12 **Мальцев В. С., Ходак Л. П.** труды Химико-металлургического института А4 КазССР. – 1963. – Выпуск №1.

13 **Zhunusov A., Tolymbekova L., Abdulabekov Ye., Zholdubayeva Zh., Bykov P.** Agglomeration of manganese ores and manganese containing wastes of Kazakhstan // Metalurgija. – 60 (2021) 1–2. P. 101–103.

14 **Tolymbekova L. B., Kim A. S., Zhunusov A. K., Babenko A. A.** Thermal transformations in manganese ores in the zapadnyi kamys deposit and in charge materials used to produce pellets in an air flow under nonisothermal conditions // Metallurgist. – 2013. – 56(11-12). – P. 919–924.

15 **Kuatbay Y., Nurumgaliev A., Shabanov Y., Gabdullin S., Zhuniskaliyev T.** Melting of high-carbon ferrochrome using coal of the saryadyr deposit // Metalurgija. – 2022. – 61(2). – P. 367–370.

#### REFERENCES

1 **Shabanov E., Baykanov S., Isagulov A., Baykanov A., Chekimbaev A., Zhaksylykov D.** Poluchenie kompleksnogo splava aliumocilikoxpoma [Production of a composite alloys of aluminum silico] // Zhurnal «Promyshlennost Kazakhstana». – Almaty, 2013. – № 5. – P. 44–45.

2 **Shabanov Ye. Zh., Baysanov S. O., Baysanov A. C., et al.** Termodinamicheskoe modelirovanie protsessy vyplavki aliumosilikokhroma iz vysokozolnykh uglei [Thermodynamic modeling of the process of smelting aluminosilicochrome from high-ash coals] // Materialy VIII mezhdunar. nauch.-prakt. konf. molodykh uchenykh i studentov «Rol nauki v realizatsii strategii industrialno-innovatsionnogo razvitiia Respubliki Kazakhstan». – Aktobe, 2012. – P. 88–90.

3 **Shabanov Ye. Zh.** Razrabotka tekhnologii vyplavki aliumosilikokhroma iz vysokozolnykh uglei karagandinskogo basseina i otsevoj vysokouglerodistogo ferrokroma [Development of a technology for smelting aluminosilicochromium from high-ash coals of the Karaganda basin and screenings of high-carbon ferrochrome]. Diss. na soisk. uch. stepeni doktora filosofii PhD, Karaganda, 2016. – 117 p.

4 **Sinyarev G. B., Vatolin B. G., Trusov B. G., Moiseev G. K.** Primenenie EVM dlia termodinamicheskikh raschetov metallurgicheskikh protsessov [Computer application for thermodynamic calculations of metallurgical processes]. – М. : Nauka, 1982. – 263 p.

5 **Moiseev G. K., Vyatkin G. P.** Termodinamicheskoe modelirovanie v neorganicheskikh sistemakh [Thermodynamic modeling in inorganic systems]. – Cheliabinsk : Izd-vo IuUrGU, 1999. – 256 с.

6 **Simbinov R. D., Malyshev V. P.** Termodinamicheskoe, stekhiometricheskoe i eksergeticheskoe modelirovanie fazovykh ravnovesii [Thermodynamic, stoichiometric and exergy modeling of phase equilibria]. – Almaty : Gylym, 1999. – 100 p.

7 Tsvetnaia metallurgija kapitalisticheskikh stran v 1965 g. [Nonferrous metallurgy of capitalist countries in 1965]. – М. : Tsentralnyi nauchnoissledovatel'skii institut informatsii i tekhniko-ekonomicheskikh issledovaniy tsvetnoi metallurgii, 1966. – 112 p.

8 **Nurumgaliev A. Kh.** Modelirovanie i analiz v sisteme Al-O-C [Modeling and analysis in the Al-O-C system] // Tekhnologiya proizvodstva metallov i vtorichnykh materialov. – Temirtau : KarMetI, – 2007. – № 2 (12). – P. 67-72.

9 **Baysanov S. O.** Zakonomernosti fazovykh ravnovesii v metallurgicheskikh sistemakh i razrabotka na ikh osnove effektivnykh tekhnologii vyplavki ferrosplavov [Regularities of phase equilibria in metallurgical systems and the development on their basis of effective technologies for smelting ferroalloys]. Diss. na soisk. uch. st. dokt. tekhn. nauk. – Karagandy, 2002. – 295 p.

10 **Kozhevnikov G. N.** K teorii vosstanovleniia okisi aliuminiia uglerodom : trudy instituta metallurgii i obogashcheniia [Towards the Theory of the Reduction of Aluminum Oxide by Carbon : Proceedings of the Institute of Metallurgy and Beneficiation]. – А4 KazSSR, 1964. – Vypusk № 10.

11 **Beletsky M. S., Rappoport M. V.** – DAN SSSR, 1951. – Т. 80. – № 5.

12 **Maltsev V. S., Khodak L. P.** Proceedings of the Chemical and Metallurgical Institute А4 KazSSR. – 1963. – Vypusk № 1.

13 **Zhunusov A., Tolymbekova L., Abdulabekov Ye., Zholdubayeva Zh., Bykov P.** Agglomeration of manganese ores and manganese containing wastes of Kazakhstan // Metalurgija. – 60 (2021) 1–2. – P. 101–103.

14 **Tolymbekova L. B., Kim A. S., Zhunusov A. K., Babenko A. A.** Thermal transformations in manganese ores in the zapadnyi kamys deposit and in charge materials used to produce pellets in an air flow under nonisothermal conditions // Metallurgist. – 2013. – 56(11-12). – P. 919–924.

15 **Kuatbay Y., Nurumgaliev A., Shabanov Y., Gabdullin S., Zhuniskaliyev T.** Melting of high-carbon ferrochrome using coal of the saryadyr deposit // Metalurgija. – 2022. – 61(2). – P. 367–370.

Материал поступил в редакцию 17.03.22.

*Е. Ж. Шабанов<sup>1</sup>, Д. Р. Мұздыбаев<sup>2</sup>, А. С. Байсанов<sup>3</sup>,  
А. К. Жақұдаева<sup>4</sup>, \*Р. Т. Төлеуқадыр<sup>5</sup>*

<sup>1,2,3,4,5</sup>Ж. Әбішев атындағы Химия-металлургия институты,  
Қазақстан Республикасы, Қарағанды қ.  
Материал баспаға 17.03.22 түсті.

### КРЕМНИЙ-АЛЮМИНИЙ-ХРОМ ФЕРРОКОРЫТПАСЫН БАЛҚЫТУДА ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ ЕСЕПТЕУЛЕРДІ «ТЕРРА» БАҒДАРЛАМАЛЫҚ КЕШЕНІН ПАЙДАЛАНА ОТЫРЫП ТАЛДАУ

Мақалада «ТЕРРА» бағдарламасы көмегімен жүргізілген термодинамикалық зерттеулердің нәтижелері келтірілген. Зерттеу нәтижесі бойынша негізінен қолданыстағы конденсирленген және газ фазалары ( $\text{CaSiO}_3$ ,  $\text{C}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{C}_3\text{C}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{SiO}_5$ ,  $\text{Fe}_3\text{C}$ ,  $\text{SiC}$ ,  $\text{Cr}_3\text{Si}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CrSi}$ ,  $\text{CaAl}_2\text{O}_4$ ,  $\text{CrSi}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{Cr}$ ,  $\text{Si}$ ,  $\text{Al}$ ,  $\text{Fe}$ ) құрылды. Кешенді «ТЕРРА» бағдарламасы арқылы металлдық, қождық және газдық құрамды фазалары анықталды және олардың температураға байланысты өзгерістері бекітілді.

Осылайша, «ТЕРРА» бағдарламалық кешенінің көмегімен зерттелетін материалдардан алынатын металлдың құрамы жиынтық көлемінде құрастырылатын әртүрлі қызықты фазалардың өтпелілуін және жойылуын бізбен зерттелді. Бұл зерттеулерден алынған мәліметтер әр түрлі ферроқорытпалардың маркаларын балқыту кезінде тотықсыздану температурасын және балқу температурасын анықтауға мүмкіндік береді.

Кілтті сөздер: термодинамикалық талдау, конденсирленген фазалар, газ фазалар, термодинамикалық модельдеу, алюмосиликохром, жоғары көмір, бағдарламалық кешен, термодинамикалық зерттеулер.

*Ye. Shabanov<sup>1</sup>, D. Muzdybaev<sup>2</sup>, A. Baisanov<sup>3</sup>, A. Zhakudaeyva<sup>4</sup>, \* R. Toleukadyr<sup>5</sup>*  
<sup>1,2,3,4,5</sup>Zh. Abishev Chemical-Metallurgical Institute,  
Republic of Kazakhstan, Karaganda.  
Material received on 17.03.22.

### ANALYSIS OF THE THERMODYNAMIC CALCULATIONS OF MELTING SILICON-ALUMINUM-CHROMIUM ALLOY, MADE WITH THE USE OF SOFTWARE COMPLEX «TERRA»

In the article are given the results of the thermodynamic experiments were incorporated in the TERRA document. The results of the research have been based on osnovnyye quenching and gasification phases ( $\text{CaSiO}_3$ ,  $\text{C}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{C}_3\text{C}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{SiO}_5$ ,  $\text{Fe}_3\text{C}$ ,  $\text{SiC}$ ,  $\text{Cr}_3\text{Si}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CrSi}$ ,  $\text{CaAl}_2\text{O}_4$ ,  $\text{CrSi}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{Cr}$ ,  $\text{Si}$ ,  $\text{Al}$ ,  $\text{Fe}$ ). With the help of the TROMS program, the components of the metal, slag and gas phase were determined and confirmed by the temperature changes.

In this way, with the help of the program complex Terra we learned from the formation, transformation and removal of various interesting phases, which make up the sum of the composed metal of the studied material. It is also possible to find out how to heat the temperature and to improve the temperature of the ferroalloys.

Key words: thermodynamic analysis, condensed phase, gas phase, thermodynamic modeling, aluminosilicochrome, high-ash coal, the software, thermodynamic studies.

### ПРОИЗВОДСТВО ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

МРНТИ 65.63.91

<https://doi.org/10.48081/QXFM2104>

*\*А. Ж. Агибаева<sup>1</sup>, Н. Б. Гаврилова<sup>2</sup>*

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

<sup>2</sup>Омский ГАУ, Российская Федерация, г. Омск

### КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ АСПЕКТОВ ИННОВАЦИЙ И ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ТЕХНОЛОГИЙ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

В данной статье представлено оптимальное количество и качество пищевой продукции, а также оптимальная структура питания, обеспечивающие здоровье населения, составляют продовольственную безопасность страны. Данные постулаты нашли своё отражение в послании президента о продовольственной безопасности РК, где особо подчеркнута важность следующих направлений:

- создание новых технологий глубокой и комплексной переработки продовольственного сырья.

В данной статье также указано, что формирование здорового типа питания потребует:

- развития фундаментальных и прикладных научных исследований, по медико-биологической оценке, безопасности новых источников пищи и ингредиентов, внедрения инновационных технологий, включающих био- и нанотехнологии, технологии органического производства пищевых продуктов и продовольственного сырья, наращивания производства новых обогащенных, диетических и функциональных пищевых продуктов.

Важным направлением государственной политики так же является совершенствование и развитие научно-технического сопровождения деятельности АПК, что нашло своё отражение в документе «О Стратегии научно-технологического развития Республики Казахстан», где в числе приоритетов указаны такие, как переход к высокопродуктивному и экологически чистому агро- и аквахозяйству, разработка и внедрение систем рационального применения средств химической и биологической защиты сельскохозяйственных растений и животных, хранение и эффективная переработка сельскохозяйственной продукции, создание безопасных и качественных, в том числе функциональных продуктов питания.

Ключевые слова: молоко козье, специализированный молочный продукт, функциональные ингредиенты, исследования.

**Введение**

Основные задачи государственной политики в области обеспечения продовольственной безопасности населения Казахстана и пути их решения в современных социально-экономических условиях АПК является одним из крупнейших и жизненно важных секторов казахстанской экономики. Эффективность его функционирования оказывает решающее влияние на надёжное продовольственное обеспечение и жизненный уровень населения страны. Питание является важнейшим фактором, интегрирующим здоровье человека с момента зачатия и в течение всей жизни. Не полноценное питание во всех его формах, включая недоедание, недостаточность микронутриентов или избыточное потребление, не только затрагивает здоровье и благополучие людей, негативно влияя на физическое и умственное развитие, угрожая иммунной системе, снижая устойчивость к инфекционным заболеваниям, повышая риск неинфекционных заболеваний, препятствуя реализации потенциала личности и снижая производительность труда, но и ложится тяжёлым бременем в виде социально-экономических издержек на отдельных людей, семью и государство. Важную роль в обеспечении здоровья человека играет качество и безопасность пищевых продуктов. Только оптимальное количество и качество пищевой продукции, а также оптимальная структура питания, обеспечивающие здоровье населения, составляют продовольственную безопасность страны [1, с. 5].

Роль молочных продуктов в питании человека невозможно переоценить. Они, с одной стороны, изначально обладают полезными свойствами в силу особенностей состава и свойств сырья, из которого изготавливаются, с другой – относятся к группе продуктов повседневного потребления и сопровождают человека в течение всей его жизни. Министерством здравоохранения РК утверждены «Рекомендации по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания» в котором самое большое количество (кг/год/человек) приходится на группу продуктов «Молоко и молокопродукты», всего в пересчёте на молоко – 32,5, в числе которых доля творога с м.д.ж. 9–18 % и творога с м.д.ж. 0–9 % составляет 9 и 10 кг, соответственно [2, с.5].

**Материалы и методы**

В качестве объектов исследовались:

- молоко козье сырое по ГОСТ 32940–2014;
- растительные компоненты, витаминный комплекс.

При выполнении экспериментальных и аналитических исследований использован комплекс общепринятых и стандартных методов: химических, микробиологических и органолептических [3, с.2].

Определяли:

- микробиологические показатели: общее количество микроорганизмов и количество соматических клеток, тыс./см<sup>3</sup> (ГОСТ 23453-90).

Повторность экспериментов 3–5-кратная.

**Результаты и обсуждения**

Творожный продукт на основе козьего молока для специализированного питания готовится следующим образом: на первом этапе для производства творога молоко нормализуют, используя метод осаждения молочного сахара, полученную смесь подогревают до температуры 40–45 °С и перемешивают в течении 10 мин, пастеризуют при температуре 80–85 °С с выдержкой 5–10 мин. И охлаждают до температуры 37±2 °С. Затем вносят закваску, в качестве которой используют предварительно активизированный препарат лечебно-профилактического назначения «Yolactis» – CottageCheese (содержащую: Lactococcus (lactis subsp. Lactis, lactis subsp. Cremoris, lactis subsp. lactis biovar. diacetylactis), и ферментируют в течение 4–6 часов до образования достаточно плотного сгустка и активной кислотности рН 4,0–4,55. Полученный сгусток нарезают на кубики с размером граней 2 см и оставляют в покое на 1 час для наиболее полного отделения сыворотки. Затем сыворотку сливают, а творог подвергают самопрессованию и прессованию. Отпрессованный творог смешивают в асептических условиях с фруктово-ягодным пюре, из ягод черники и яблока, которое готовят традиционным способом: чернику и яблоки тщательно моют и перетирают в пюре, добавляют отвар шиповника, перемешивают и добавляют фруктозу. Полученную смесь перемешивают в течении 10–15 мин, до охлаждения до температуры 6±2 °С, фасуют, упаковывают и хранят при температуре 4±2 °С [4, с.3].

В таблице 1 приведена предварительная рецептура творожного продукта на основе козьего молока для специализированного питания.

Таблица 1 – Творожный продукт на основе козьего молока для специализированного питания

Наименование компонентов	Рецептура на 1000 кг
	1
Творог полученный с использованием предварительно активизированного препарата лечебно-профилактического назначения «Yolactis» – CottageCheese	900
Фруктоза	30
Отвар шиповника	20

В таблице 2 приведены органолептические показатели творожного продукта на основе козьего молока для специализированного питания.

Таблица 2 – Органолептические показатели творожного продукт на основе козьего молока для специализированного питания

Наименование показателей	Характеристика
	Рецептура
Внешний вид, консистенция	Однородная, нежная, мажущаяся
Вкус и запах	Чистый, кисломолочный, с легким сладким привкусом
Цвет	Светло-фиолетовый равномерный по всей массе

Анализ органолептических показателей показывает, что творожный продукт на основе козьего молока для специализированного питания обладает высокими органолептическими показателями [5, с.7].

В таблице 3 приведены микробиологические показатели творожного продукта на основе козьего молока для специализированного питания.

Таблица 3 – Микробиологические показатели творожного продукта на основе козьего молока для специализированного питания

Наименование показателей	Характеристика
	Рецептура
БГКП в 0,01 г	Не допускаются
Патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы в 25 г продукта	Не допускаются
Стафилококки <i>S.aureus</i> в 0,1 г продукта	Не допускаются
Молочнокислые микроорганизмы, КОЕ/г, не менее	$1 \cdot 10^{10}$
Пробиотические микроорганизмы, КОЕ/г, не менее	$1 \cdot 10^8$
Дрожжи, КОЕ/г, не более	50
Плесени, КОЕ/г, не более	50

Анализ микробиологических показателей показывает, творожный продукт на основе козьего молока для специализированного питания обладает высокими пробиотическими свойствами, что повышает его лечебно-профилактические свойства [7, с. 6].

#### Выводы

Творожный продукт на основе козьего молока для специализированного питания обладает высокой пищевой ценностью за счет использования в его составе творога на основе козьего молока, фруктозы, отвара шиповника, которые содержат большое количество водорастворимых и жирорастворимых витаминов: В<sub>12</sub>, С, А, Е, микро- и макроэлементов: Са, Р, Mg, К, Na, Fe [9, с. 3].

Данный творожный продукт на основе козьего молока для специализированного питания рекомендуется для специализированного питания, в частности, людям, страдающим дисбактериозом, сахарным диабетом, так как наличие в его составе витаминов, макро- и микроэлементов пробиотической микрофлоры, способствуют улучшению работы иммунной и пищеварительной систем организма.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Послание Президента Республики Казахстан Н. Назарбаева народу Казахстана: Социально-экономическая модернизация – главный вектор развития Казахстана от 27 января 2012 года // [www.akorda.kz](http://www.akorda.kz).

2 Козоводство в Казахстане. – 2015 [Электронный ресурс] URL: [hnp://www.kazportal.kz/kozovodstvo-v-kazahstane](http://www.kazportal.kz/kozovodstvo-v-kazahstane).

3 Щетинина Е. М., Ходарева З. Р. Исследования состава и свойств молока, полученных от разных пород коз // Вестник АТАУ. – 2014. № 4 (114). – С. 159–163. – ISSN 1996–4277.

4 Гаврилова Н. Б. Биотехнологические аспекты производства творожного продукта на основе козьего молока / Н. Б. Гаврилова, М. В. Темербаева // Вестник Омского ГАУ. – 2017. – №3 (27). – С. 144–145.

5 **Teмерbayeva M. B.** Technology of Sour Milk Product for Elderly Nutrition. // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – ISSN 0975–8585, – 2018, RJPBCS 9(1). – P. 291.

6 **Темербаева М.** Использование молока различных сельскохозяйственных животных для производства ферментированных продуктов / Н. Б. Гаврилова, М. В. Темербаева // Молочная пром-сть. – 2018. – № 10. – С.46–48;

7 **Гаврилова Н. Б., Агибаева А. Ж.** Перспективы использования козьего молока для производства продукта специализированного питания // Н. Б. Гаврилова, А. Ж. Агибаева // Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство : VI Междунар. науч.-техн. конф.– Воронеж. – 2019. – С. 505–509.

8 **Темербаева М. В.** Перспективные направления и состояние производства кисломолочных продуктов на основе козьего молока для специализированного питания в Республике Казахстан / М. В. Темербаева., Н. Б. Гаврилова // Научные инновации – аграрному производству : сб. ст. междунар. науч.-практ. конф. (21 февраля 2018 года). – Омск : Изд-во ФГБОУ ВО ОмГАУ им. П. А. Столыпина.– 2018. – С. 1432–1436.

9 **Гаврилова Н. Б., Агибаева А. Ж.** Перспективы использования козьего молока для производства продукта специализированного питания / Н. Б. Гаврилова, А. Ж. Агибаева // Инновационные технологии в пищевой промышленности : наука, образование и производство : VI Междунар. науч.-техн. конф.– Воронеж. – 2019. – С.505–509.

10 **Козырева, С. Ю.** О пользе козьего молока / С. Ю. Козырева, И. Н. Шманова // Технология и продукты здорового питания : материалы междунар. науч.-практ. конф., Саратов, 2007 / ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ»; редкол. : А. В. Голубева. – Саратов, 2007. – С. 62.



## REFERENCES

1 Address of the President of the Republic of Kazakhstan N. Nazarbayev to the people of Kazakhstan: Socio-economic modernization - the main vector of development of Kazakhstan dated January 27, 2012 // [electronic resource]. – www.akorda.kz .

2 Goat breeding in Kazakhstan. – 2015 [Electronic resource] URL: www.kazportal.kz/kozovodstvo v kazahstane.

3 **Shchetinina E. M., Khodareva Z. R.** Study of the composition and properties of milk from different breeds of goats // Herald of UTAU. – 2014. – № 4 (114). – P. 159–163. – ISSN 1996–4277.

4 **Gavrilova N. B.** Biotechnological aspects of the production of cheese products based on goat's milk / N. B. Gavrilova, M. V. Temerbayeva // Bulletin of Omskogo GAU. – 2017. – №3 (27). – P. 144–145.

5 **Temerbayeva M.** Technology of Sour Milk Product for Elderly Nutrition. // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – ISSN: 0975-8585. – 2018. – RJPBCS 9(1). – P. 291.

6 **Temerbaeva M. V.** The use of milk of various farm animals for the production of fermented products / N. B. Gavrilova, M. V. Temerbaeva // Dairy industry. – 2018. – No. 10. – P. 46–48.

7 **Gavrilova N. B., Agibayeva A. Zh.** Prospects of using goat's milk for the production of a specialized food product / N. B. Gavrilova, A. Zh. Agibayeva // Innovative technologies in the food industry: science, education and production: VI International Scientific and Technical conf. –Voronezh. – 2019. – P. 505–509.

8 **Temerbayeva M. V.** Promising directions and state of production of fermented dairy products based on goat's milk for specialized nutrition in the Republic of Kazakhstan / M. V. Temerbayeva., N. B. Gavrilova // Scientific innovations – agricultural production : sat. art.international scientific-practical. conf. (February 21, 2018). – Omsk : Publishing House of the P. A. Stolypin OmGAU.– 2018. – P. 1432–1436.

9 **Gavrilova N. B., Agibayeva A. Zh.** Prospects of using goat's milk for the production of a specialized food product / N. B. Gavrilova, A. Zh. Agibayeva // Innovative technologies in the food industry : science, education and production : Vijdunar. sci.-tech. conf. – Voronezh. – 2019. – P. 505–509.

10 **Kozyreva, S. Yu.** About the benefits of goat's milk / S. Yu. Kozyreva, I. N. Shmanova // Technology and healthy food products: materials of the International scientific and practical conference. – Saratov, 2007 / FGOU VPO «Saratov GAU»; editorial board : A. V. Golubeva. – Saratov, 2007. – P. 62.

Материал поступил в редакцию 17.03.22.

\***А. Ж. Агибаева<sup>1</sup>, Н. Б. Гаврилова<sup>2</sup>**

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

<sup>2</sup>Омбы мемлекеттік аграрлық университет,  
Ресей Федерациясы, Омбы қ.  
Материал баспаға 17.03.22 түсті.

### ИННОВАЦИЯЛАРДЫҢ ЗАМАНАУИ АСПЕКТІЛЕРІН КЕШЕНДІ ТАЛДАУ ЖӘНЕ МАМАНДАНДЫРЫЛҒАН СҮТ ӨНІМДЕРІ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫНЫҢ ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫН БАҒАЛАУ

*Бұл мақалада тамақ өнімдерінің оңтайлы саны мен сапасы, сондай-ақ халықтың денсаулығын қамтамасыз ететін тамақтанудың оңтайлы құрылымы елдің азық-түлік қауіпсіздігін құрайды. Бұл постулаттар Президенттің ҚР азық-түлік қауіпсіздігі туралы Жолдауында көрініс тапты, онда мынадай бағыттардың маңыздылығы ерекше атап өтілді:*

*- азық-түлік шикізатын терең және кешенді қайта өңдеудің жаңа технологияларын құру. Бұл мақалада сондай-ақ тамақтанудың салауатты түрін қалыптастыру мыналарды талап етеді:*

*- жаңа тамақ көздері мен ингредиенттердің қауіпсіздігін медициналық-биологиялық бағалау бойынша іргелі және қолданбалы ғылыми зерттеулерді дамыту, био-және нанотехнологияларды, тамақ өнімдері мен азық-түлік шикізаттарын органикалық өндіру технологияларын қамтитын инновациялық технологияларды енгізу, жаңа байытылған, диеталық және функционалдық тамақ өнімдерінің өндірісін ұлғайту.*

*Мемлекеттік саясаттың маңызды бағыты АӨК қызметін ғылыми-техникалық сүйемелдеуді жетілдіру және дамыту болып табылады, бұл «Қазақстан Республикасының ғылыми-технологиялық Даму стратегиясы туралы» құжатта көрініс тапты, онда басымдықтар қатарында жоғары өнімді және экологиялық таза агро-га көшу көрсетілген және биологиялық қорғау құралдарын ұтымды қолдану жүйесін әзірлеу және енгізу, ауыл шаруашылығы өнімдерін сақтау және тиімді қайта өңдеу, қауіпсіз және сапалы, оның ішінде функционалдық тамақ өнімдерін жасау.*

*Кілтті сөздер: ешкі сүті, мамандандырылған сүт өнімі, функционалды ингредиенттер, зерттеулер.*

\***А. Ж. Агибаева<sup>1</sup>, Н. Б. Гаврилова<sup>2</sup>**

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

<sup>2</sup>Omsk State Agrarian University,  
Russian Federation, Omsk.  
Material received on 17.03.22.

**COMPREHENSIVE ANALYSIS OF MODERN ASPECTS  
OF INNOVATION AND EVALUATION OF THE PROSPECTS  
OF SPECIALIZED DAIRY PRODUCTS TECHNOLOGIES**

*This article presents the optimal quantity and quality of food products, as well as the optimal structure of nutrition, ensuring the health of the population, constitute the food security of the country. These postulates are reflected in the President's address on food security of the Republic of Kazakhstan, where the importance of the following areas is emphasized:*

*- creation of new technologies for deep and complex processing of food raw materials.*

*This article also states that the formation of a healthy type of diet will require:*

*- the development of fundamental and applied scientific research on the biomedical assessment of the safety of new food sources and ingredients, the introduction of innovative technologies, including bio- and nanotechnology, technologies for organic food production and food raw materials, increasing the production of new enriched, dietary and functional foods.*

*An important direction of state policy is also the improvement and development of scientific and technical support for the activities of the agro-industrial complex, which is reflected in the document "On the Strategy of Scientific and Technological Development of the Republic of Kazakhstan", where among the priorities are such as the transition to highly productive and environmentally friendly agro- development and implementation of systems for the rational use of chemical and biological protection of agricultural plants and animals, storage and efficient processing of agricultural products, the creation of safe and high-quality, including functional food products.*

*Keywords: goat's milk, specialized dairy product, functional ingredients, research.*

FTAMP 65.63.91

<https://doi.org/10.48081/GCAY2266>**\*Б. Б. Искакова**

«Қазақ азық және қайта өңдеу өнеркәсіптік ғылыми – зерттеу институты»

ЖШС СФ, Қазақстан Республикасы, Семей қ.

**ЕШКІ СҮТІНЕН АЛЫНҒАН АҚУЫЗДЫ ӨНІМНІҢ  
САҚТАУ ҚАБІЛЕТІЛІГІН ЗЕРТТЕУ**

*Бұл мақалада сақтау процесінде дайын өнімдегі шикізаттың тағамдық және биологиялық құндылығын барынша сақтауды қамтамасыз ететін, отандық тұқымды ешкілердің сүтін өңдеудің әртүрлі әдістерінің оның қасиеттеріне әсерін анықтау бойынша жүргізілген ғылыми-зерттеу жұмыстарының нәтижелері жарияланған.*

*Павлодар аймағында ешкілердің негізгі саны Таулы Алтай пуховая, зааненская сияқты тұқымдармен ұсынылған, жергілікті байырғы тұқымды ешкілер көп.*

*Алайда ешкі сүтінің технологиялық ерекшеліктерін, шикізаттың, технологиялық параметрлердің, аппаратуралық ресімдеудің дайын өнімнің сапасына әсерін ашытын зерттеулер шектеулі сипатқа ие және оның негізінде өнімдердің тиімді өндірісін құруға мүмкіндік бермеді.*

*Ақуыз өнімдерінің, жануарлардан алынатын басқа да тамақ өнімдері сияқты, өндірушіден сатып алушыға дейінгі тізбекте сақталу қабілеттілігі көптеген қатерлермен, бірінші кезекте микробиологиялық қатерлермен байланысты. Белгілі бір көрсеткіштері бар өнім ретінде ақуыз өнімін қалыптастыру кәсіпорны биохимиялық үрдістерде шағынағзалардың қатысуымен жүзеге асырылады. Сүт қышқылды микрофлора сүттің компоненттерін өнімнің органолептикалық көрсеткіштерін, оның қоректік және биологиялық құндылығын тудыратын қосылыстарға түрлендіреді, адам денсаулығына қауіпті микроорганизмдердің дамуы үшін қолайлы жағдай жасайды.*

*Жоғарыда айтылғандарға сүйене отырып, сақтау процесінде органолептикалық, физика-химиялық және микробиологиялық сапа көрсеткіштерінің өзгеру динамикасын талдау арқылы ақуыз өнімінің жарамдылық мерзімі анықталды.*

*Кілтті сөздер: ешкі сүті, термиялық өңдеу режимдері, ашытқы дақылдары, коагуляция, синерезис, ақуыз өнімі, пісетін және сақталатын жағдайлар, сақтау қабілеті*

**Кіріспе**

Соңғы уақытта ешкі сүтінен өнім өндіруге деген қызығушылық барлық жерде артып келеді. Ешкі сүтіне негізделген өнімдерге деген қызығушылық сиыр сүтіне қарағанда 5 есе тез сінеді, бактерицидтік қасиетке ие, ісікке қарсы әсері бар, асқазан сөлінің жоғары қышқылдығы, бронх демікпесі, колит, мигрен, бауыр, ұйқы безі және өт қабының аурулары үшін оң әсер етеді [1,2].

Қазіргі заманғы тамақ өнімдерін өндірудің басты мәселелердің бірі-өндіріс пен сақтау процесінде олардың сапасын қамтамасыз ету. Сүт өнімдерін сақтау уақыты қысқа кезеңмен шектеледі. Мұның табиғи себебі – ақуыз-казеинді бүктейтін сүт бактериялары.

Сүт-ақуыз өнімдерін өндіруде сүттің сапасы үлкен мәнге ие. Оның химиялық құрамы мен қасиеттері көбінесе өндірістің технологиялық параметрлерін, ақуыз өнімдерінің коагуляциясы мен жетілуінің микробиологиялық және биохимиялық ерекшеліктерін, дайын өнімнің органолептикалық сипаттамаларын, шикізатты тұтынуды және басқа көрсеткіштерді анықтайды.

Ақуыздар сүттің негізгі құрамдас бөлігі болып саналады, ал негізгі фактор – казеин мөлшері: казеин мөлшерінің жоғарылауымен кальций мен фосфор мөлшері артады, қан ұюы жеделдейді, тромбтың тығыздығы және оның синерезге қабілеттілігі артады, сүттің барлық физикалық және химиялық көрсеткіштері жақсарады. ақуыз өнімдерін өндіруге арналған шикізат ретінде.

Ашыту кезінде казеин сүт ақуызы аминқышқылдары мен пептидтерге бөлінеді, олардың сіңу жылдамдығы 2–3 есе жоғары.

Бұл ақуыздың құрамына байланысты сүт және сүт өнімдері тағамдық құндылыққа бай өнімдер болып саналады.

Ингредиенттердің бастапқы күйі және олардың қатынасы, технологиялық операциялардың реттілігі, термиялық өңдеу режимдерін сақтау өнімнің сапалық көрсеткіштерінің өзгеруіне айтарлықтай әсер етеді, сондықтан осы факторлардың сақталу қабілетіне әсерін зерттеу азық түлік өндіру технологиясының өзекті міндеті болып табылады [3,4].

Тамақ өнімдерінің сақталу қабілетін олардың құрамы мен қасиеттерінің бастапқы көрсеткіштерінің мәні бойынша белгілі бір нақты жағдайларда олар үшін белгіленген сақтау мерзімі ішінде өзгеріссіз қалу қабілеті ретінде қарастырған жөн.

Кез-келген өнімнің, оның ішінде ақуыз өнімдерінің сапасы мен сақталу қабілетін өнімнің қандай екенін анықтайтын критерийлер жиынтығы ретінде анықтауға болады:

- ҚО ТР 021/2011 «Тамақ өнімдерінің қауіпсіздігі туралы» және ҚО ТР 033/2013 «Сүт және сүт өнімдерінің қауіпсіздігі туралы» белгіленген қауіпсіздік талаптарына сәйкес келеді [5,6].

- нормативтік және/немесе техникалық құжаттардың талаптарымен анықталатын сәйкестендіру, оның ішінде органолептикалық көрсеткіштерге сәйкес келеді;

- белгіленген жарамдылық мерзімі ішінде сақтауға қабілетті.

Ақуыз өнімдерін өндірудің сәттілігі негізгі шикізатты дұрыс таңдауға және оның сапасына байланысты.

### Зерттеу материалдары мен әдістері

Зерттеу объектілері: ақуыз-көмірсу шикізаты (сүт сарысуы, майда тартылған бидай кебегі, азықтық бұршақ ұны, күнбағыс Күнжара), пробиотикалық ұйытқылар, тұрақтандырушы кешендер, өсімдік майлары, рецептуралар, технологиялық процесс, өңдеу параметрлері, азықтық қоспалардың сапалық көрсеткіштері және сақталу қабілеттілігі, азықтық өнімдердің органолептикалық, физикалық-химиялық, микробиологиялық көрсеткіштерінің өзгеру динамикасы.

Зерттеулер сүт өнімдеріне арналған санитарлық-гигиеналық талаптар негізінде келесі көрсеткіштер бойынша жүргізілді:

- МЕМСТ 3624-92 бойынша титрленетін қышқылдықты анықтау;
- МЕМСТ 5867-90 бойынша майдың салмақтық үлесін анықтау;
- МЕМСТ 23327-98 бойынша ақуыздың салмақтық үлесін анықтау;
- рН-метрдегі белсенді қышқылдықты анықтау (рН-121);
- МЕМСТ 3626-73 бойынша ылғал мен құрғақ заттың салмақтық үлесін анықтау.

### Алынған нәтижелерді талқылау

Соңғы уақытта ешкі сүтінен өнім өндіруге деген қызығушылық барлық жерде артып келеді. Ешкі сүтіне негізделген өнімдерге деген қызығушылық сиыр сүтіне қарағанда 5 есе тез сiнеді, бактерицидтік қасиетке ие, ісікке қарсы әсері бар, асқазан сөлінің жоғары қышқылдығы, бронх демікпесі, колит, мигрен, бауыр, ұйқы безі және өт қабының аурулары үшін оң әсер етеді [7,8].

Алайда ешкі сүтінің технологиялық ерекшеліктерін, шикізаттың, технологиялық параметрлердің, аппаратуралық ресімдеудің дайын өнімнің сапасына әсерін ашатын зерттеулер шектеулі сипатқа ие және оның негізінде өнімдердің тиімді өндірісін құруға мүмкіндік бермеді.

Павлодар аймағында ешкілердің негізгі саны Таулы Алтай пуховая, зааненская сияқты тұқымдармен ұсынылған, жергілікті байырғы тұқымды ешкілер көп. Ешкі сүтінің іріктелген үлгілерінің физика-химиялық көрсеткіштерін зерттеу нәтижелері 1-кестеде келтірілген

Кесте 1 – Ешкі сүттің орташа химиялық құрамы

Сүт құрамы	Жыл мерзімдері		Орташа белгі
	көктем	жазғы	
Су, %	88,76± 0,04	89,46± 0,04	88,61± 0,04
Құрғақ заттар, %	14,02 ± 0,11	13,54 ± 0,11	13,28 ± 0,11
Май, %	5,67 ± 0,06	5,78 ± 0,06	5,725 ± 0,06
Ақуыз, %	4,78 ± 0,05	4,0 ± 0,05	4,89 ± 0,03

Ешкі сүтіндегі құрғақ заттардың мөлшері әр түрлі уақыт аралығында өзгертіні анықталды. Құрғақ заттардың ең көп мөлшері жазғы кезеңдегі сүтте кездеседі. Орташа алғанда, олар май мен ақуыздың өзгеруінен тұрады. Май бойынша жазғы және көктемгі кезеңде максималды және минималды құрам арасындағы айырмашылықтар 0,11 %, ақуыз бойынша – 0,22 % құрайды.

Жоғарыда баяндалғанды ескере отырып, «ҚазАҚӨҒЗИ» ЖШС СФ мамандары сақтау процесінде дайын өнімдегі шикізаттың тағамдық және биологиялық құндылығын барынша сақтауды қамтамасыз ететін абorigендік тұқымды ешкілердің сүтін өндеудің әртүрлі тәсілдерінің оның қасиеттеріне әсерін анықтау бойынша зерттеулер жүргізеді.

Технологияның мәні мынада: алдымен  $t=93 \pm 2$  °C температурада термокальций коагуляциясы бар ақуыз ұюы ешкі сүтінен алынады, содан кейін сүт қышқылы мен бифидобактериялардың таза дақылдарынан тұратын пробиотикалық ашытқы Бифилакт-АД ашытылады. Бұл ашытқы белсенді түрде ашытады

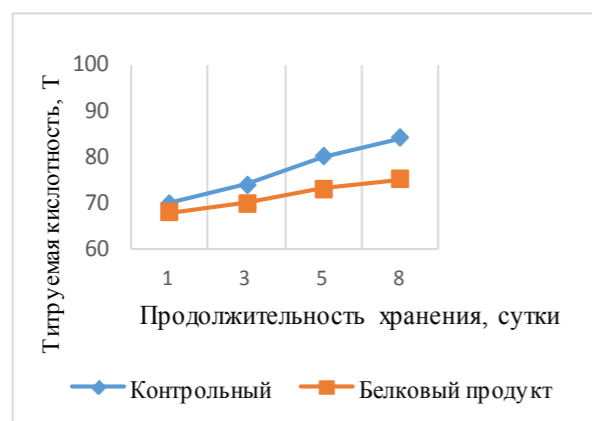
Ешкі сүтінен алынған пробиотикалық ақуыз өнімінің технологиясы ШҚО, Семей қ., «ПВП» ЖШС сүт өндеу кәсіпорнының өндірістік жағдайында өнімнің тәжірибелік партиясын шығара отырып апробацияланды.

Ешкі сүтінен пробиотикалық ақуыз өнімінің сақталу мерзімін ғылыми негіздеу үшін органолептикалық, физика-химиялық және микробиологиялық көрсеткіштерді бағалауды қамтитын кешенді зерттеулер жүргізілді. Өнімнің үлгілері  $4 \pm 2$  °C температурада сақталды. Өнімнің сапасының өзгеруіне салқындату температурасы мен оны сақтау ұзақтығы әсер ететіні анықталды.

Органолептикалық көрсеткіштер бойынша өнімнің тәжірибелік үлгісін бес тәулік бойы сақтау кезінде теріс динамика анықталған жоқ. 6 күндік сақтау кезінде сыртқы иіс байқалды.

Бақылау үлгісінде (сүзбе пастасы) органолептикалық көрсеткіштердің өзгеруі дәм мен иістің өзгеруіне байланысты 5 күнге байқалды, өнімнің сапалық көрсеткіштері де өзгерді.

Диаграмма 1 – Ақуызды өнімнің сақтау кезіндегі физико-химиялық көрсеткіштерінің динамикасы



1-диаграммадан көрініп тұрғандай,  $4 \pm 2$  °C температурада сақтау процесінде өнімдегі және бақылау нұсқасындағы қатты заттардың массалық үлесінің жоғарылауы байқалды, сонымен қатар титрленетін қышқылдықтың шамалы өзгеруі байқалады. Қышқылдықтың өзгеруі Стандартта белгіленген норма шегінде 650 тоннадан 75 °T-қа дейін өзгерді.

Құрамында бифидобактериялары бар пробиотикалық өнімдер тірі микроорганизмдердің құрамы бойынша стандартталған болуы керек, өйткені пробиотикалық бактериялардың өміршеңдігі пробиотикалық белсенділікті өлшеудің негізделген бірлігі болып табылады [9].

Бұл функцияны қамтамасыз ету үшін пробиотиктер өнімді тұтыну кезінде өміршең болуы керек және сіңу және сіңу процесінде өміршеңдігін сақтауы керек [10,11].

Осыған байланысты біз  $4 \pm 2$  °C температурада сақтау процесінде бифидобактериялар санының өзгеруі бойынша зерттеулер жүргіздік.

Кесте 2 – Сақтау процесінде бифидобактериялар санының өзгеруі

Микробиологиялық көрсеткіштер атауы	Нормаланған көрсеткіштер (ТР ТС 033/2013)	Сақтау уақыты, сағ									
		0		48		72		120		168	
		бақылау	өнім	бақылау	өнім	бақылау	өнім	бақылау	өнім	бақылау	өнім
Сүтқышқылды микроорганизмдер, КОЕ г/ не менее	не менее $1 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^7$	$6,1 \cdot 10^7$	$2,9 \cdot 10^7$	$5,4 \cdot 10^7$	$7,6 \cdot 10^6$	$9,1 \cdot 10^6$	$6,4 \cdot 10^6$	$8,6 \cdot 10^6$	$2,1 \cdot 10^6$	$5,2 \cdot 10^6$
Бифидобактериялар, КОЕ г/ не менее	не менее $1 \cdot 10^8$	-	$19 \cdot 10^8$	-	$11 \cdot 10^8$	-	$9,6 \cdot 10^8$	-	$4,2 \cdot 10^8$	-	$18 \cdot 10^7$
Патогендік микроорганизмдер, оның ішінде. сальмонеллар	не допускаются, в 25,0 г	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Staphylococcus aureus	не допускаются, в 0,1 г	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ПТБ (колиформалар)	не допускаются, в 0,01 г	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Дрожжилер, КОЕ/г	не более 100	63	32	44	26	31	18	23	11	14	6
Көгергендер, КОЕ/г	не более 50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

2-кестенің деректерінен көріп отырғанымыздай, бүкіл сақтау мерзімі ішінде талданатын өнімдердің тұқым қуалауының төмендеуі байқалды, ал сүт қышқылы бактериялары мен бифидобактериялардың ең қарқынды төмендеуі 120 сағат сақтағаннан кейін өнімнің тәжірибелік үлгісінде байқалды.

Сақтаудың барлық кезеңінде микроорганизмдердің саны 033/2013 КО ТР сәйкес келді. Сақтау мерзімінің соңында өнімдегі сүт қышқылы бактерияларының мөлшері кемінде  $1 \cdot 10^6$  КОЕ / г құрады.

Ашытқы мен зен саңырауқұлақтарының құрамы регламенттелген деңгейден аспайды. Өнім қауіпсіздігінің көрсеткіштері “НацЭкС” АҚ “Семей” филиалының өнімдерді сынау жөніндегі аккредиттелген зертханаларында зерттелген.

Деректерді талдай отырып, ықтимал қауіпті заттардың көрсеткіштері бойынша өнім 033/2013 КО ТР талаптарына сәйкес келеді деп қорытынды жасауға болады. Органолептикалық, физика-химиялық және микробиологиялық көрсеткіштердің сапасын бағалау нәтижелері бойынша пробиотикалық ақуыз өнімінің жарамдылық мерзімі - 5 күн ұсынылды.

#### Қорытынды

Сапаны бағалау мен болжауда өнімнің кепілдендірілген қауіпсіздігін қамтамасыз ететін сақтау мерзімі мен шарттары сияқты нақты сапа көрсеткіштері үлкен рөл атқарады.

Сақтау процесінде органолептикалық, физика-химиялық және микробиологиялық сапа көрсеткіштерінің өзгеру динамикасын талдау арқылы ақуыз өнімінің жарамдылық мерзімі анықталды. Ешкі сүтіне негізделген пробиотикалық ақуыз өнімінің сақтау мерзімі сақтау температурасында (4±2) °C 5 күнді құрайды.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Мысик А. Т.** О развитии животноводства в СССР, РСФСР, Российской Федерации и странах мира // Зоотехния. – 2013. – №1. – С. 2–6.

2 **Козырева, С. Ю.** О пользе козьего молока / С. Ю. Козырева, И. Н. Шманова // Технология и продукты здорового питания: материалы междунар. науч.-практ. конф., Саратов, 2007 / ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ»; редкол.: А. В. Голубева. – Саратов, 2007. – С. 62.

3 **Симоненко С. В., Лесь Г. М., Хованова И. В., Головач Т. Н., Гавриленко Н. В., Червяковский Е. М., Курченко В. П.** Особенности состава козьего молока как компонента продуктов питания // Тр. БГУ. – 2011. – Т. 4. Ч. 1. – С. 109–116.

4 **Козырева С. Ю.** Влияние возраста на молочную продуктивность молочных коз // Матер. IV междунар. практ. конф. «Технология и продукты здорового питания». – Саратов, 2012. – С. 85–86.

5 ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевых продуктов»

6 ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочных продуктов»

7 **Гладилова О. А.** Изучение и подбор биополимеров для иммобилизации клеток микроорганизмов методом капсулирования / О. А. Гладилова, Н. Б. Гаврилова // Сб. науч. тр., посвященный проблемам техники и технологии переработки молока. – Барнаул, 2008. – С. 261–264.

8 **Семенихина, В. Ф.** Особенности использования бифидобактерий при производстве пробиотических кисломолочных продуктов / В. Ф. Семенихина, И. В. Рожкова, А. В. Бегунова // Наука – производству. Информационный бюллетень ГНУ ВНИМИ Россельхозакадемии. – 2011. – №1. – М. 2011. – С. 15-18.

9 **Горина Т. А.** Культуры DVS компании «Хр. Хансен» для создания пробиотических продуктов нового поколения. // Журнал «Молочная промышленность». – № 8. – 2004. – С. 21–22.

10 **Гаврилова Н. Б., Пасько О. В.** Повышение качества и хранимостоспособности продуктов функционального назначения // Молочная промышленность. – № 9. – 2009. С. 60–61.

#### REFERENCES

1 **Mysik, A. T.** On the development of animal husbandry in the USSR, the RSFSR, the Russian Federation and the countries of the world // Zootechnia. – 2013. – No. 1. – P. 2–6.

2 **Kozyreva, S. Yu.** About the benefits of goat's milk / S. Yu. Kozyreva, I. N. Shmanova // Technology and healthy food products : Materials of the International scientific and practical conference. Saratov, 2007 / FGOU VPO «Saratov GAU»; editorial board : A. V. Golubeva. – Saratov, 2007. – P. 62.

3 **Simonenko, S. V., Les, G. M., Khovanova, I. V., Golovach, T. N., Gavrilenko, N. V., Chervyakovsky, E. M., Kurchenko, V. P.** Features of the composition of goat's milk as a component of food // Tr. BSU. – 2011. – Vol. 4. P. 1. – P. 109-116.

4 **Kozyreva, S. Yu.** The influence of age on the milk productivity of dairy goats // Mater. IV international. practical conference «Technology and healthy food products». – Saratov. – 2012. – P. 85-86.

5 TR CU 021/2011 «On food safety»

6 TR CU 033/2013 «On the safety of milk and dairy products»

7 **Gladilova, O. A.** Study and selection of biopolymers for immobilization of microbial cells by the ka method

8 **Semenikhina, V. F.** Features of the use of bifidobacteria in the production of probiotic fermented milk products / V. F. Semenikhina, I. V. Rozhkova, A. V. Begunova // Science – production. Newsletter of the GNU VNIMI of the Russian Agricultural Academy. – 2011. – No. 1. – M. 2011. – P. 15-18.

9 **Gorina, T. A.** Culture DVS of the company «Hr. Hansen» to create a new generation of probiotic products. // Journal «Dairy Industry». – No. 8. – 2004. – P. 21–22.

10 **Havrilova, N. B., Pasko, O. V.** Improving the quality and storage capacity of functional food products // Dairy industry. – No. 9. – 2009. – P. 60–61.

Material received on 17.03.22.

#### \*Б. Б. Искакова

СФ ТОО «Казахский научно-исследовательский институт пищевой и перерабатывающей промышленности», Республика Казахстан, г. Семей.

Материал поступил в редакцию 17.03.22.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ХРАНИМОСПОСОБНОСТИ БЕЛКОВОГО ПРОДУКТА КОЗЬЕГО МОЛОКА

*В данной статье опубликованы результаты проведенных научно-исследовательских работ по выявлению влияния различных способов обработки молока коз аборигенных пород на его свойства, обеспечивающих максимальное сохранение пищевой и биологической ценности сырья в готовом продукте в процессе хранения.*

*В Павлодарском регионе основное поголовье коз представлено такими породами как, горно-алтайская пуховая, зааненская, в большем количестве козы местной аборигенной породы.*

*Однако исследования, раскрывающие технологические особенности козьего молока, влияния сырья, технологических параметров, аппаратурного оформления на качество готовых продуктов носят ограниченный характер и не позволили создать эффективного производства продуктов на его основе.*

*Способность белковых продуктов, как и других пищевых продуктов животного происхождения, храниться в цепочке от производителя до покупателя связана со многими рисками, в первую очередь микробиологическими. Формирование белковой продукции как продукта с определенными показателями осуществляется в сложных биохимических процессах с участием малых организмов.*

*Молочнокислая микрофлора преобразует компоненты молока в соединения, которые создают органолептические показатели продукта, его питательную и биологическую ценность, создают благоприятные условия для развития микроорганизмов, опасных для здоровья человека.*

*Исходя из вышеизложенного, определены сроки годности белкового продукта путём анализа динамики изменения органолептических, физико-химических и микробиологических показателей качества в процессе хранения.*

*Ключевые слова: козье молоко, режимы термообработки, заквасочные культуры, свертывание, синерезис, белковый продукт, условия созревания и хранения, хранимоспособность.*

**\*B. Iskakova**

SF LLP «Kazakh Research Institute of Food and Processing Industry»,

Republic of Kazakhstan, Semey.

Material received on 17.03.22.

## RESEARCH OF STORAGE CAPACITY OF GOAT MILK PROTEIN PRODUCT

*This article publishes the results of the research work carried out to identify the influence of various methods of processing the milk of goats of aboriginal breeds on its properties, ensuring maximum preservation of the nutritional and biological value of raw materials in the finished product during storage.*

*In the Pavlodar region, the main livestock of goats is represented by such breeds as the Gorno-Altai downy, Zaanenskaya, in a larger number of goats of the local aboriginal breed.*

*However, studies revealing the technological features of goat's milk, the influence of raw materials, technological parameters, hardware design on the quality of finished products are limited and have not allowed to create an effective production of products based on it. The ability of protein products, as well as other food products of animal origin, to be stored in the chain from the manufacturer to the buyer is associated with many risks, primarily microbiological. The formation of protein products as a product with certain indicators is carried out in complex biochemical processes involving small organisms.*

*Lactic acid microflora converts milk components into compounds that create organoleptic characteristics of the product, its nutritional and biological value, create favorable conditions for the development of microorganisms that are dangerous to human health.*

*Based on the above, the shelf life of the protein product was determined by analyzing the dynamics of changes in organoleptic, physico-chemical and microbiological quality indicators during storage.*

*Keywords: goat's milk, heat treatment modes, starter cultures, coagulation, syneresis, protein product.*

**\*A. A. Mayorov**Federal Altai Scientific Center of Agrobiotechnologies,  
Russian Federation, Barnaul**TECHNOLOGIES FOR PRODUCING COTTAGE CHEESE  
WITH PROBIOTIC PROPERTIES**

*The article pays special attention to the enrichment of cottage cheese with probiotic cultures. Therapeutically significant level of content of probiotic microorganisms in cottage cheese determines its functional purpose. Currently, curd products with probiotic microorganisms are not sufficiently represented in the trade network, which actualizes the conduct of scientific research on the development of a line of such products. The choice of enriching cottage cheese with propionic acid bacteria is due to antagonistic properties, which are expressed in the suppression of the development of pathogenic and conditionally pathogenic microflora. Another important feature of them is the ability to produce vitamin B12, which is involved in the regulation of hematopoiesis, prevents the destruction of red blood cells and fatty degeneration of internal organs, and also provides a coating of nerve fibers with a myelin sheath. The article presents the results of studies of the microbiological and physico-chemical properties of the finished product, as well as those requiring energy purposes.*

*Keywords: in cottage cheese, probiotic microorganisms, functional nutrition, microflora.*

**Introductions**

Nutrition is one of the most important environmental factors affecting the human body. It is known that a person receives everything necessary for his life, except oxygen, from food. Food is the starting material for the construction and renewal of human body cells and determines the state of human health. In the charter of the World Health Organization (WHO), health is interpreted as «a human condition that is characterized not only by the absence of diseases or physical defects, but complete physical, mental and social well-being». The theory of adequate nutrition was formulated in the 80s of the twentieth century, when new scientific results were obtained in the field of digestive physiology, food biochemistry, microbiology, and new digestive mechanisms were discovered. A significant contribution to the development of this theory was made by Academician A. M. Ugolev, head of the Laboratory of Nutrition Physiology at the I. P. Pavlov Institute of Physiology in St. Petersburg. The theory of adequate nutrition absorbed everything valuable that was in the theory of balanced nutrition, and was its further development [1]. A full and healthy diet is one of the most important and necessary conditions for preserving the life and health of the nation. In recent years, a new direction has been developed in the science of nutrition – functional nutrition.

There is no single formula for ensuring good health. But there are key components that allow you to maintain good health and longevity. These are regular sports, rest and a balanced diet

The first thing to realize when learning the principles of a balanced diet is that, in addition to the well-known basic macro- and microelements, different foods also contain a variety of useful phytonutrients (chemicals or compounds of plant origin that do not belong to vitamins and minerals). That's why it's so important to diversify your diet, especially foods containing vitamins and minerals.

All the most important life processes in our body take place with the participation of vitamins and minerals. Moreover, the body itself is not able to produce them independently, so the body must receive vitamins and minerals daily with food or from food additives.

Judging by global trends, it is clear that a healthy lifestyle has become popular. Many people began to understand that proper nutrition and physical activity are important for health. Playing sports has become popular among those who are engaged in their body and correspond to the modern image of a successful person, this image includes visual appeal.

Food for the body is the primary factor. The healthier and more correct it is, the better the performance will be and this will help all internal systems to live longer. It is not surprising that athletes pay a lot of attention to their diet – after all, endurance, muscle volume, and, therefore, the result depend on it.

For those who do sports just for the sake of health and pleasure, it is enough to properly balance the main nutrients – proteins, carbohydrates, fats, get enough minerals and vitamins, as well as liquids.

Unfortunately, the not very high quality of modern products and the low content of important elements in them leads to the fact that we do not receive the right amount. Vitamins and minerals play an important role at many stages of our life, and for those who do sports, they are especially important.

The creation of therapeutic and preventive dairy products is most widely carried out by the branch institutes of the Russian Agricultural Academy, specialists of educational branch universities, dairy industry enterprises [2].

Dairy products occupy a significant niche in the field of food products. One of the most common dairy products is cottage cheese. It is attractive to producers because it does not require maturation, i.e. it provides a quick turnover of funds, is less demanding on the quality of milk, can be stored frozen for a long time. The difficulty in the production process of obtaining cottage cheese is its dehydration and cooling. The hardware design of these operations is quite cumbersome and energy-intensive. And if large enterprises have the opportunity to use automated lines using membrane methods, then for most cottage cheese producers it is necessary to solve these problems using existing equipment, supplementing them with the necessary devices. Nevertheless, interest in the production of cottage cheese is growing. To a certain extent, this is facilitated by the growth of consumer interest in this product. The fact is that cottage cheese is available

in a very wide range. There are various types of packages with a wide range in the mass fraction of fat, in the unit weight of the package, with various fillers, flavor enhancers.

In 2015, the volume of purchases of cottage cheese and cottage cheese products per Russian consumer amounted to almost 9 kg, which is 0,7 kg more than in 2011. According to experts, the physiological rate of consumption of cottage cheese should be about 18 kg per year per person. This circumstance gives grounds to say that the consumption of cottage cheese in the country will grow in the long term.

In 2016–2020, retail sales of cottage cheese and cottage cheese products in Russia will continue to grow by 2–3 % annually [3].

From the point of view of technology, cottage cheese is interesting because it can be easily combined with flavoring additives and can be portioned into various consumer containers. From a consumer point of view, this product is high in calories, contains a large amount of proteins, including easily digestible, can be used both directly in food and in the preparation of various dishes. Unlike cheeses, the protein composition of which is mostly represented by casein, cottage cheese, due to high-temperature processing, contains whey proteins to a greater extent. Whey proteins are globular proteins and are hydrophilic colloids. Due to the strong hydrate shell and high dispersion, they are in a state of stable colloidal solution. During temperature treatment, they begin to denature, followed by aggregation and deposition on casein [4, 5].

#### Materials and methods of research

The implementation of the plan of experimental, analytical research and mathematical data processing were carried out in the laboratories of the Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Altai Scientific Center for Agrobiotechnology department of the Siberian Research Institute of Cheese Making (Barnaul).

In the work, in the process of implementing the tasks of the experiment, methods published in the specialized literature were used that satisfy the research goals. To determine the physico-chemical, microbiological and organoleptic parameters of raw materials and finished products, generally accepted and standard methods of analysis, methods of mathematical modeling and processing of experimental data, etc. were used.

The parameters of the properties of the strains and the finished product were determined by standard methods: antagonistic activity by diffusion method according to TU 9229-026-04610209-94, the number of lactic acid microorganisms according to GOST 33951-16, the number of bifidobacteria according to GOST R 56139-14, active acidity by potentiometric method according to GOST 32892-14.

#### Results and discussions.

The amino acid composition of whey proteins is closest to the composition of human muscle tissue, and in terms of the content of essential amino acids (lysine, tryptophan, methionine, threonine) and branched chain amino acids (valine, leucine and isoleucine), they surpass all other proteins of animal and vegetable origin [6]. In addition, approximately 14 % of whey proteins are in the form of hydrolysis products, which are the initiators of digestion and participate in the synthesis of most vital enzymes and hormones [7]. Analysis of the spectrum of cottage cheese products produced leads to the conclusion that there is a very small number of cottage cheese products belonging

to the category of probiotic products. The vast majority have the form of sweet cheeses with fruit and other confectionery additives. High-temperature processing of the milk mixture during the preparation of cottage cheese largely ensures the guarantee of sanitary indicators, extends the shelf life of the product. On the other hand, such technology practically destroys microflora, which may contain useful microflora and, first of all, microflora with probiotic properties. Microbiological indicators of cottage cheese in relation to extraneous microflora should correspond to the values given in Table 1.

Table 1 – Microbiological indicators of cottage cheese

The name of the indicator	The norm at the end of the expiration date
Coliforms, in 0,01 g	not allowed
S. aureus, in 0,1 g	not allowed
Pathogenic microorganisms, including salmonella, in 25 g	not allowed
Yeast, CFU/g, no more	100
Mold, CFU/g, no more	50

The curd mass can be obtained with a different mass fraction of fat and at humidity (66 + 1) % can contain up to 13 % proteins in its composition. This is almost half of all dry substances in the finished product. Enriching the curd mass with useful microflora will allow you to obtain a product that has a number of valuable properties, both in terms of its nutritional value and in terms of the availability of functional properties in relation to probiotic indicators. Based on modern requirements, a product belonging to the group of therapeutic and prophylactic products should contain a therapeutically significant amount of useful probiotic microflora (dose) in its composition. It is expressed by the number of colony-forming microorganisms in 1 gram of the product. This value varies depending on the type of microorganisms from 105 to 107 CFU/g.

Such a number of microflora can be obtained by adding the necessary amount to the product. Using a concentrate of microorganisms (starter culture) containing 108 CFU/g, it is possible to obtain a product with probiotic properties. Such a product can be used for daily use, with virtually no age restrictions. The technology of production of such a product at the first stage can represent the usual sequence of operations for the preparation of curd mass with the specified parameters. After cooling, it can be combined with the necessary amount of bacterial preparation. To ensure the number of microflora in the product at the level of 106 CFU/g, it is necessary to add about 1 % of the pharmaceutical preparation. Such technology can be implemented on the serial equipment available at the dairy factory.

It may be of interest that several products can be made from one production of curd mass by adding various probiotics and flavor enhancers of natural origin. Such flavor enriching agents can be fruit juices and their concentrates. In some cases, it is possible to combine both probiotics and flavor enhancers. At the same time, the compatibility of the components should be taken into account, since the habitat has a great influence on the preservation of microflora (acidity, the presence of inhibitors, mineral composition, etc.).



The technology of cottage cheese products has been sufficiently developed and is widely used, but, as mentioned earlier, the range of probiotic products is very poor. And therefore, the problem of enriching cottage cheese products requires a solution. Its solution should begin with the creation of a product containing living microflora. At the first stage, this will make it possible to study the features of such production, identify the vulnerabilities of the technology and formulate specific requirements for the production technology of a product containing useful microflora. You can start working with the use of microflora containing propionic acid bacteria (PAB). These bacteria are producers of vitamin B12, which is necessary for the vital activity of the body [8, 9]. The presence of such microflora enriches the taste range of the product and at the same time does not increase the acidity during storage.

Propionic acid bacteria (PAB) have a variety of practical applications. Therefore, the biology of the PAB is under the constant «sight» of specialists of different profiles. The international thematic symposium «Propionibacteria» is regularly held. In various studies, considerable attention has been paid to the role of cobalt and cobalamin (true vitamin B12) in the biosynthesis of corrinoids, compounds of the vitamin B12 group. Propionic acid bacteria are used to enrich fermented milk products with vitamin B12, both in pure form and in the form of a concentrate prepared on whey [10].

The approximate composition of such a product is presented in Table 2.

Table 2 – The content of the main components and the energy value of the curd product

Indicators	Content in the curd product
Mass fraction of dry substances, %	33,0
Mass fraction of fat, %	2,0
Mass fraction of carbohydrates, %	10,0
Mass fraction of protein, %, not less	13,0
Mass fraction of carotenoids, mg/100 g, not less	0,27
Mass fraction of minerals, %	2,8
Vitamin E, mg /100 g, not less	1,81
Vitamin C, mg /100 g, not less	5,32
Vitamin B1, mg /100 g, not less	0,09
Vitamin B2, mg /100 g, not less	0,22
Vitamin B6, mg /100 g, not less	0,12
Energy value, kcal per 100 g of product	107,5

The number of propionic acid bacteria in the product is not less than 10<sup>6</sup> CFU/g. The shelf life of the product is 72 hours (3 days).

#### Conclusions

One of the directions of enriching food products, including cottage cheese, is the use of sourdough, which includes propionic acid microorganisms.

Propionic acid bacteria (PAB) have a variety of practical applications. Therefore, the biology of the PAB is under the constant «sight» of specialists of different profiles. The international thematic symposium «Propionibacteria» is regularly held. In various

studies, considerable attention has been paid to the role of cobalt and cobalamin (true vitamin B12) in the biosynthesis of corrinoids, compounds of the vitamin B12 group.

The presence of such a curd product on the shelves of stores will reveal the interest of customers and choose the direction of further development of the production of therapeutic and preventive products.

#### REFERENCES

- 1 GOST R 52349. Functional food products. Terms and definitions.
- 2 **Popova M. A., Rebezov M. B., Ahmedyarov R. A., Kosolapov A. S., Pauwels E. A.** Perspective directions of production of sour – 160 dairy products, particularly yogurt // A young scientist. // – 2014. – №9 (68). – P. 196–200.
- 3 Analysis of the market of cottage cheese and cottage cheese products in Russia in 2008–2012, forecast for 2013–2017. [Electronic resource]. – Access mode: <http://businesstat>.
- 4 **Lipatov N. N.** Cottage cheese production. – Moscow : Food industry, 1973. – 272 p.
- 5 **Lind A. R.** Medico-biological aspects of the use of whey in nutrition / A. R. Lind, A. G. Sokolova // Nutrition issues. – 1995. – No. 6. – P. 29–33.
- 6 Methodological recommendations of MP 2.3.1.2432-08. Norms of physiological needs for energy and nutrients for various groups of the population of the Russian Federation. – M., 2008. – 41p.
- 7 **Tikhomirova N.** Nanotechnology and biotechnology of functional foods based on milk / N. Tikhomirov // Dairy industry, 2005. – No. 5. – P. 74–75.
- 8 **Moineau S.** Control of bacteriophages in industrial fermentation / S. Moineau, C. levesque // Bacteriophages : biology and applications. – CRC Press, BocaRaton, Fla, 2005. – P. 286–296.
- 9 The Procariotes : A handbook on the biology of bacteria: in 7 v. / M. Dworkin (editor-in-chief) [et al.]. – 3rd ed. – USA : Springer, 2006. – Vol. 4 : Bacteria : Firmicutes, Cyanobacteria. – 1140 p.
- 10 Russian-made AIBI bacterial cultures are gaining popularity abroad. Secrets of success // Dairy industry. – 2015. – No4. – P. 28–29.

Material received on 17.03.22.

\***A. A. Майоров**

Федералдық Алтай агробиотехнология ғылыми орталығы,  
Ресей Федерациясы, Барнаул қ.  
Материал баспаға 17.03.22 түсті.

### ПРОБЛОТТЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ БАР СҮЗБЕ ӨНДІРУ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ

Мақалада сүзбені пробиотикалық дақылдармен байытуға ерекше назар аударылады. Сүзбедегі пробиотикалық микроорганизмдер құрамының емдік маңызды деңгейі оның функционалдық мақсатын анықтайды. Қазіргі уақытта пробиотикалық микроорганизмдері бар сүзбе өнімдері сауда желісінде жеткіліксіз ұсынылған, бұл осындай өнімдер желісін әзірлеу бойынша ғылыми зерттеулер жүргізуді өзектендіреді. Сүзбені пропион қышқылы бактерияларымен байытуды таңдау патогендік және оппортунистік микрофлораның дамуын тежейтін антагонистік қасиеттерге байланысты. Олардың тағы бір маңызды ерекшелігі – В12 витаминін шығару қабілеті, ол гемопоэзді реттеуге қатысады, эритроциттердің бұзылуына және ішкі азғалардың май бұзылуына жол бермейді, сонымен қатар жүйке талшықтарын миелин қабығымен жабуды қамтамасыз етеді. Мақалада дайын өнімнің микробиологиялық және физика-химиялық қасиеттерін, сондай-ақ энергия мақсаттарын қажет ететіндерді зерттеу нәтижелері Берілген.

Түйінді сөздер: сүзбеде, пробиотикалық микроорганизмдер, функционалдық тамақтану, микрофлора.

\*А. А. Майоров

Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий,  
Российская Федерация, г. Барнаул.  
Материал поступил в редакцию 17.03.22.

### ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ТВОРОГА С ПРОБИОТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

В статье особое внимание уделяется обогащению творога пробиотическими культурами. Терапевтически значимый уровень содержания пробиотических микроорганизмов в твороге определяет его функциональное назначение. В настоящее время творожные продукты с пробиотическими микроорганизмами недостаточно представлены в торговой сети, что актуализирует проведение научных исследований по разработке линейки такой продукции. Выбор обогащения творога пропионовокислыми бактериями обусловлен антагонистическими свойствами, которые выражаются в подавлении развития патогенной и условно-патогенной микрофлоры. Еще одной важной их особенностью является способность вырабатывать витамин В12, который участвует в регуляции кроветворения, предотвращает разрушение эритроцитов и жировую дегенерацию внутренних органов, а также обеспечивает покрытие нервных волокон миелиновой оболочкой. В статье представлены результаты исследований микробиологических и физико-химических свойств готового продукта, а также тех, которые требуют энергетических целей.

Ключевые слова: в твороге, пробиотические микроорганизмы, функциональное питание, микрофлора.

МРНТИ 65.29.91

<https://doi.org/10.48081/ZBZR1008>

\*З. Л. Хажметова<sup>1</sup>, Ю. А. Шекихачев<sup>2</sup>, Л. М. Хажметов<sup>3</sup>,  
Л. З. Шекихачева<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет», Российская Федерация, г. Нальчик

### УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ КУКУРУЗЫ С РАЗРАБОТКОЙ ИННОВАЦИОННОГО МОЛОТИЛЬНОГО УСТРОЙСТВА

Одно из ведущих мест среди зерновых и кормовых культур занимает кукуруза. Из нее производят около 3500 видов продукции. Эта культура имеет большое значение как высоко энергетический корм для всех видов животных и птиц. В процессе производства зерна кукурузы наиболее трудоемким является сбор урожая – 60...80 % от общих трудозатрат. В последнее наиболее трудоемким этапом сбора кукурузы является обмолот початков, качество которого характеризуется двумя основными показателями – травмированием зерна и недомолотом початков.

На данный момент разработано большое количество молотилок различных по принципам и технологическим схемами обмолота. Существующие молотилки имеют большую производительность и предназначены для обмолота значительных объемов початков кукурузы. Однако в структуре выращивания кукурузы значительное место занимают небольшие посевы в частном секторе. После сбора початков кукурузы их обмолачивают вручную или изготавливают разнообразные ручные и механические молотилки. Кроме того, в настоящее время, когда еще недостаточно изучена физическая природа процесса обмолота молотилками кукурузы и недостаточно разработана их теория, распределение молотилок по принципу обмолота ударом или перетиранием является не полным.

В связи с этим в статье обоснована конструктивно-технологическая схема малогабаритной молотилки, обеспечивающей обмолот початков кукурузы в обертке при минимальном травмировании зерен. В результате теоретических исследований установлены рациональные значения конструктивно-технологических параметров разработанного молотильного устройства: влажность початков 12...22 %; частота вращения молотильного барабана 300...400 мин<sup>-1</sup>; высота зубьев 12...18 мм; шаг зубьев 3...8 мм.

Ключевые слова: кукуруза, початок, молотилка, обмолот, семена, травмирование, эффективность.

#### Введение

Обработка початков семенной кукурузы после уборки одна из важнейших и энергетических операций.

В технологиях послеуборочной обработки урожая кукурузы наиболее важные и энергоемкие – очистка и обмолот початков. Аналитические материалы свидетельствуют об отсутствии в настоящее время машин, обеспечивающих обмолот початков кукурузы в обертке с соблюдением предъявляемых требований [2].

Известные на данный момент конструкции кукурузных молотилок характеризуются высокой энергоемкостью, имеют низки производительность и эффективностью сортирования конечного продукта на фракции. Принцип их работы основан на сжатии зерен, что сопровождается их травмированием. Кроме того, молотильные устройства не способны обмолачивать початки кукурузы в обертке.

Как известно, травмированный семенной материал снижает урожайность сельскохозяйственных культур, вследствие чего имеет место значительный недобор зерна. Как следствие – существенные потери всего зернового производства России [1; 5; 6; 9; 10; 11; 21].

Следует отметить, что травмирование семян особо заметно влияет на урожайность в холодные и влажные весенние периоды, которые характерны для Северо-кавказского региона, являющейся основным производителем семян кукурузы.

#### Материалы и методы

В связи с изложенным, усовершенствование технологии послеуборочной переработки кукурузы с разработкой инновационного молотильного устройства, позволяющего обмолачивать початки кукурузы в обертке с минимальным травмированием семян является актуальной.

Принцип работы известных устройств для обмолота урожая кукурузы заключается в том, что происходит затягивание в рабочее пространство между барабаном и декой, и одновременное ее сжатие, которое сопровождается травмированием зерен, в результате чего снижается их всхожесть [4; 12; 15; 18].

Накопленный опыт показывает, что вальцовые молотилки более целесообразно использовать в процессе селекции и первичного семеноводства. Однако эти молотилки не способны обмолачивать початки кукурузы в обертке [3; 7; 13; 14; 16; 17].

Из анализа способов, устройств и рабочих органов дробилок початков кукурузы и научных трудов ученых было установлено, что влияние конструкции рабочих органов молотилки на производительность, затраты мощности на обмолот, а также качество обмолоченного зерна и изучения их недостаточно. Поэтому возникла необходимость либо модернизации существующих молотилок, либо разработки новых конструкций, а также оптимизации их геометрических параметров и режимов эксплуатации.

В связи с вышеизложенным, выдвинута научная гипотеза: повышение качества обмолота кукурузных початков можно достичь путем определения оптимальных параметров и режимов эксплуатации малогабаритного молотильного устройства, обеспечивающего выдавливание зерен кукурузы из початка силами трения между початками и инерционными силами.

#### Результаты и обсуждение

Предлагаемая молотилка представлена на рис. 1.

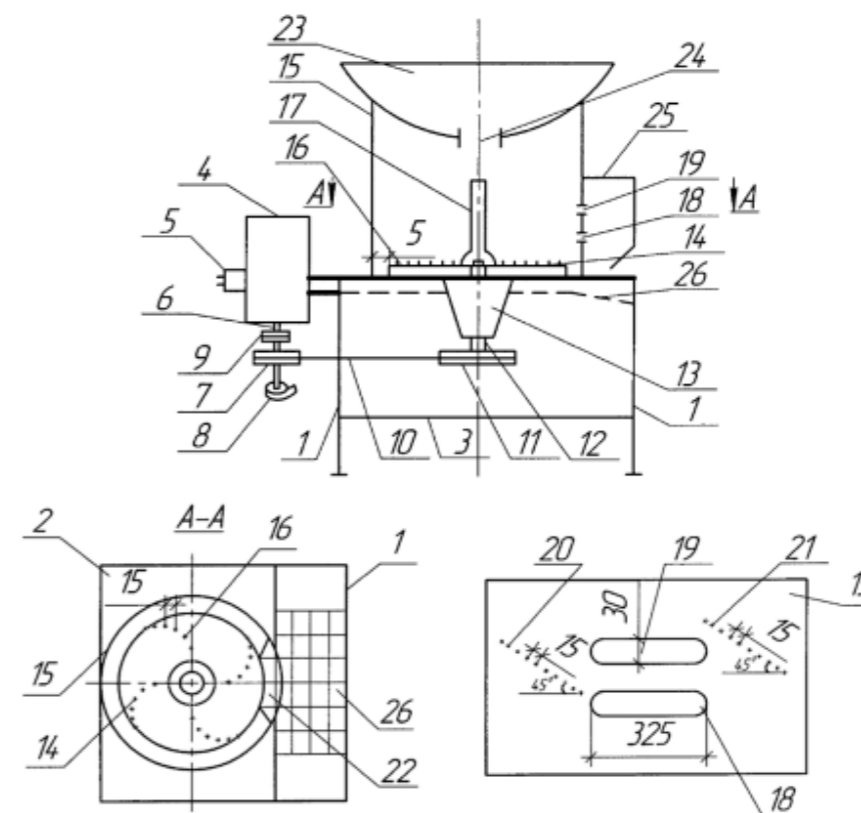


Рисунок 1 – Схема молотилки:

- 1 – стойка; 2 – основание; 3 – переключатель; 4 – привод; 5 – пульт управления; 6 – вал привода; 7 – шкив ведущий; 8 – вентилятор; 9 – муфта; 10 – ременная передача; 11 – шкив ведомый; 12 – вал; 13 – подшипниковый узел; 14 – обмолачивающий барабан; 15 – цилиндрический барабан; 16, 20, 21 – зубья; 17 – стержень; 18, 19 – пазы; 22 – вырез

Условно разделим процесс обмолота на три фазы. Первая фаза – загрузка початков в приемный бункер. Вторая фаза – початки располагаются на поверхности диска молотильного аппарата. В течение этой фазы происходит обмолот початков. В конце этой фазы обмолоченный материал подается на выгрузку. Третья фаза – обмолоченный материал выгружается из молотильного устройства.

В ходе второй фазы (рис. 2) початки, которые поступили на диск молотильного аппарата в результате действия центробежных сил, заполняют полость цилиндрического барабана.

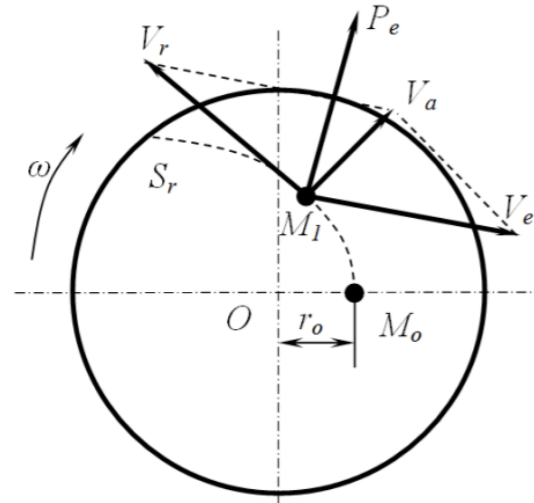


Рисунок 2 – Процесс движения початка по поверхности диска

В данном случае процесс обмолота не зависит от взаимного расположения початков. Допустим, что початок подается на диск, который не имеет начальной скорости. Тогда движение початка будет происходить под действием сил трения  $F$  и центробежных сил  $P_e$ :

$$F = f_1 mg \tag{1}$$

$$P_e = m_o \omega^2, \tag{2}$$

где,  $f_1$  – коэффициент трения в системе «зерно-диск»;

$m$  – масса початка, кг;

$g$  – ускорение силы тяжести, м/с<sup>2</sup>;

$r_o$  – расстояние между центром диска и точкой контакта початка с диском, м;

$\omega$  – угловая скорость вращения диска, с-1.

Уравнение равновесия точки  $M_o$  таково:

$$P_e - F = 0 \tag{3}$$

Учитывая выражения (1) и (2) из уравнения (3) имеем:

$$mr_o \omega^2 - f_1 mg = 0 \tag{4}$$

Отсюда угловая скорость вращения диска будет равна:

$$\omega = \sqrt{\frac{f_1 g}{r_o}} \tag{5}$$

С учетом того, что

$$\omega = \frac{\pi n_{\min}}{30} \tag{6}$$

получим зависимость для расчета минимального числа оборотов диска:

$$n_{\min} = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{f_1 g}{r_o}} \tag{7}$$

При превышении этого значения початки будут перемещаться поверхности диска по траектории, имеющей спиралевидную форму  $S_r$ . После встречи початка с зубом возможны два варианта: или початок движется вдоль зуба, или происходит упругий удар. Эти варианты определяются величиной угловой скорости диска и физико-механическими свойствами початка [8; 19; 20].

На початок, движущийся по поверхности диска, действуют следующие силы (рис. 3):

- тяжести:

$$G = mg \tag{8}$$

- центробежная:

$$P_e = mr\omega^2 \tag{9}$$

- трения:

$$F = f_1 mg \tag{10}$$

- Кориолиса:

$$F_k = 2m\omega V_r \tag{11}$$

где,  $V_r$  – скорость относительного движения початка, м/с.

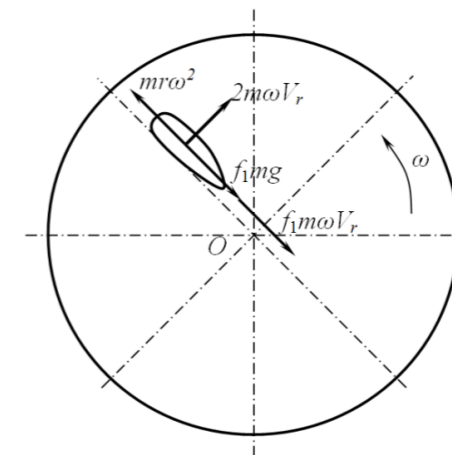


Рисунок 3 – Схема действующих на початок сил

Движение початка в направлении зубьев будет описываться дифференциальным уравнением вида:

$$m\ddot{\varepsilon} = P_e - F - F_k \quad (12)$$

Учитывая выражения (9), (10) и (11), имеем:

$$m\ddot{\varepsilon} = m\omega^2 r - f_1 mg - 2m\omega\dot{\varepsilon} \quad (13)$$

или

$$\ddot{\varepsilon} = r\omega^2 - f_1 g - 2\omega\dot{\varepsilon} \quad (14)$$

С учетом того, что

$$r = \varepsilon + r_o \quad (15)$$

где,  $\varepsilon$  – путь початка вдоль зубьев, м,

можно записать:

$$m\ddot{\varepsilon} = m\omega^2(\varepsilon + r_o) - f_1 mg - 2m\omega\dot{\varepsilon} \quad (16)$$

или

$$\ddot{\varepsilon} = \omega^2 \varepsilon + \omega^2 r_o - f_1 g - 2f_1 \omega\dot{\varepsilon} \quad (17)$$

или

$$\ddot{\varepsilon} + 2f_1 \omega\dot{\varepsilon} - \omega^2 \varepsilon = \omega^2 r_o - f_1 g \quad (18)$$

Характеристическое уравнение левой части линейного неоднородного уравнения второго порядка (18) имеет вид:

$$\lambda^2 + 2f_1 \omega\lambda - \omega^2 = 0 \quad (19)$$

Корнями являются значения, рассчитываемые по выражениям:

$$\lambda_1 = \omega(\sqrt{1 + f_1^2} - f_1) \quad (20)$$

$$\lambda_2 = -\omega(\sqrt{1 + f_1^2} + f_1) \quad (21)$$

Таким образом, общим решением уравнения (18) таково:

$$\varepsilon = C_1 e^{\lambda_1 t} + C_2 e^{\lambda_2 t} \quad (22)$$

где,  $C_1$  и  $C_2$  – произвольные постоянные.

Частное решение дифференциального уравнения определится при  $\varepsilon = B$  с учетом того, что  $\dot{\varepsilon} = 0$  и  $\ddot{\varepsilon} = 0$ . Имеем:

$$\omega^2 B = r_o \omega^2 - f_1 g \quad (23)$$

Из (23) имеем:

$$B = r_o - \frac{f_1 g}{\omega^2} \quad (24)$$

Тогда с учетом (24) дифференциальное уравнение (18) перепишем в виде:

$$\varepsilon = C_1 e^{\lambda_1 t} + C_2 e^{\lambda_2 t} + r_o - \frac{f_1 g}{\omega^2} \quad (25)$$

При  $t = 0$ ,  $\varepsilon = \dot{\varepsilon} = 0$ :

$$\varepsilon = \left( \frac{f_1 g}{\omega^2} - r_o \right) \left[ \left( \frac{1}{\lambda_2 - \lambda_1} (\lambda_2 e^{\lambda_1 t} - \lambda_1 e^{\lambda_2 t}) \right) - 1 \right] \quad (26)$$

Таким образом, скорость относительного движения початка вдоль зубьев молотильного аппарата будет равна:

$$\dot{\varepsilon} = V_r = \left( \frac{f_1 g}{\omega^2} - r_o \right) \left[ \frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} (e^{\lambda_1 t} - e^{\lambda_2 t}) \right] \quad (27)$$

При перемещении початков по секторам к краям молотильного аппарата, они при соприкосновении с зубьями перемещаются вверх, опрокидываются, вследствие чего происходит заполнение пространства между защитным кожухом и аппаратом.

Обмолот осуществляется в результате того, что початки совершают сложное движение под воздействием сил трения и сил, возникающих при их взаимном зацеплении. Кроме того, початки поворачиваются вокруг своей оси и зубьев (рис. 4).

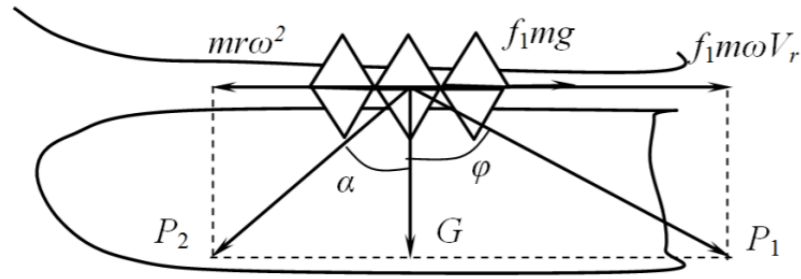


Рисунок 4 – Схема действующих сил при обмолоте початков

В процессе обмолота возникают силы  $P_1$  и  $P_2$ , равные:

$$\bar{P}_1 = \bar{F} + \bar{F}_e \quad (28)$$

$$\bar{P}_2 = \bar{P}_e + \bar{G} \quad (29)$$

Разрушение зерновой ножки произойдет при соблюдении условия:

$$\text{tg } 2\alpha > \frac{2\text{tg } \varphi}{1 - \text{tg}^2 2\varphi} = \frac{2f}{1 - f^2} \quad (30)$$

Эффективность обмолота початков определяется направлением центробежной силы, причем, чем они ближе к краю диска, тем больше ее влияние [20]. В случае действия центробежной силы выше центра початка, процесс обмолота существенно интенсифицируется, что имеем место при условии:

$$r_n < a < d_n \quad (31)$$

где,  $r_n$  и  $d_n$  – соответственно, радиус и диаметр початка, м.

Обрушенные зерна высыпаются через щель между диском и цилиндрическим барабаном и по выгрузному желобу поступают на дальнейшую обработку, а стержни через выгрузное окно удаляются из аппарата (рис. 5). При этом стержень массой  $m$  движется под действием силы тяжести  $G$  и силы сопротивления воздуха  $R_g$  по уравнению:

$$m\ddot{X} = -R_g (\dot{X})^2 \quad (32)$$

Сила  $R_g$  равна:

$$R_g = k \frac{\gamma}{g} F (\dot{X})^2 \quad (33)$$

где,  $k$  – коэффициент сопротивления воздуха;  
 $\gamma$  – удельный вес воздуха, кг/м<sup>3</sup>;

$F$  – миделево сечение стержня, которое равно:

$$F = \frac{\pi d_c^2}{4} \quad (34)$$

где,  $d_c$  – диаметр стержня, м.

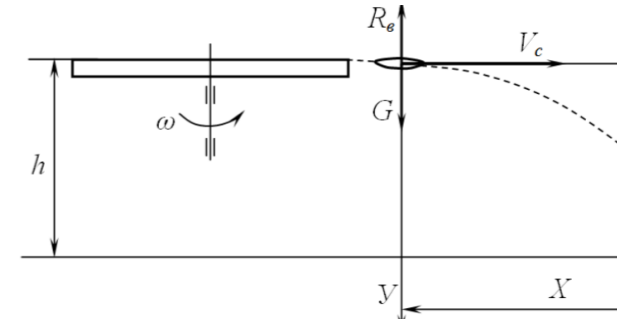


Рисунок 5 – Схема к установлению дальности полета стержня

Из уравнения (32) имеем:

$$\ddot{X} = -\frac{k\gamma\pi d_c^2}{4mg} (\dot{X})^2 = -k_n (\dot{X})^2, \quad (35)$$

где,  $k_n$  – коэффициент парусности:

$$k_n = -\frac{k\gamma\pi d_c^2}{4mg}. \quad (36)$$

Решим уравнение (35) методом понижения его порядка. Для этого примем  $\dot{X} = V$ . В этом случае:

$$\ddot{X} = \frac{dV}{dX} V. \quad (37)$$

Подставив (37) в (35), получим:

$$V \frac{dV}{dX} = -k_n V^2,$$

или

$$\frac{dV}{dX} = -k_n V. \quad (38)$$

Разделяем переменные:

$$\frac{dV}{V} = -k_n dX. \quad (39)$$

Результат интегрирования уравнение (39):

$$\ln V = -k_n X + \ln C_3,$$

или

$$\ln V = \ln e^{-k_n X} + \ln C_3, \quad (40)$$

где,  $C_3$  – произвольная постоянная.

Потенцируя (40), получим:

$$V = C_3 e^{-k_n X}. \quad (41)$$

Постоянная  $C_3$  определится с учетом того, что при  $X = 0$  скорость стержня  $V = V_c$ . Таким образом, уравнение полета стержня в окончательном виде таково:

$$V = V_c e^{-k_n X} \quad (42)$$

Определим дальность полета стержня  $X$ . Для этого запишем уравнение (42) в следующей форме:

$$\frac{dX}{dt} = V_c e^{-k_n X},$$

или

$$e^{k_n X} dX = V_c dt. \quad (43)$$

В результате интегрирования имеем:

$$\frac{1}{k_n} e^{k_n X} = V_c t + C_4, \quad (44)$$

где,  $C_4$  – произвольная постоянная.

Постоянная  $C_4$  определится при  $t = 0$  и  $X = 0$ :

$$C_4 = \frac{1}{k_n}. \quad (45)$$

Учитывая (45), уравнение (44) запишется в виде:

$$\frac{1}{k_n} e^{k_n X} = V_c t + \frac{1}{k_n}. \quad (46)$$

Осуществив некоторые преобразования, отсюда получим:

$$k_n X = \ln(k_n V_c t + 1). \quad (47)$$

Выражение (47) позволяет получить уравнение дальности полета стержня:

$$X = \frac{\ln(k_n V_c t + 1)}{k_n}. \quad (48)$$

Пренебрегая сопротивлением воздуха, время падения стержня будет равно:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}, \quad (49)$$

где,  $h$  – высота падения стержня, м.

С учетом этого, уравнение дальности полета стержня примет вид:

$$X = \frac{\ln\left(k_n V_c \sqrt{\frac{2h}{g}} + 1\right)}{k_n}. \quad (50)$$

Зерно кукурузы можно считать не вполне упругим телом [19, 20], поэтому максимальную силу его удара о зубья можно рассчитать по выражению:

$$P_{\max} = P_{yn} + P_{nl}, \quad (51)$$

где,  $P_{yn}$  и  $P_{nl}$  – силы, соответственно, упругой и пластической деформации, Н.

Используя полуэмпирические методы оценки силы удара и учитывая высокие упругие свойства кукурузных зерен, силой пластической деформации можно пренебречь. С учетом этого, зависимость (51) переписывается в виде:

$$P_{\max} = P_{yn} = \varphi \lambda^{1.5}, \quad (52)$$

где,  $\varphi$  – упруго-геометрический коэффициент, равный.

$$\varphi = \frac{n_\varphi}{\eta \sqrt{\sum K}} \quad (53)$$

$$n_{\varphi} = \frac{1}{\sqrt{8k^3}}; \eta = \frac{E_1(1-\mu_2^2) + E_2(1-\mu_1^2)}{E_1E_2}; \sum K = \frac{1}{\rho_{11}} + \frac{1}{\rho_{12}};$$

где,  $E_1$  и  $E_2$  – модули упругости, соответственно, зерна и материала зуба, Па;  
 $\mu_1$  и  $\mu_2$  – коэффициенты Пуассона, соответственно, зерна и материала зуба;  
 $\sum K$  – суммарная кривизна в окрестности контакта зерна и зуба, м;  
 $k$  – коэффициент, определяемый физико-механическими свойствами зерна;  
 $\rho_{11}$  и  $\rho_{12}$  – главные радиусы кривизны зерна, м.

Таким образом, максимальная сила удара будет равна:

$$P_{yn} = \frac{(1,14n_{\varphi}E)^{0,4}}{\left(\frac{2(\alpha^2 + \gamma^2)}{\alpha^2\gamma^2 B_z} + \frac{1}{r}\right)^{0,2}} \cdot (1,25mV^2)^{0,6} \quad (54)$$

где,  $B_z$  – ширина зерна, м;  
 $\alpha$  и  $\gamma$  – коэффициенты, определяемые физико-механическими свойствами зерна.

#### Выводы

Разработано малогабаритное молотильное устройство, позволяющее производить обмолот початков кукурузы с оберткой и без при минимальном травмировании зерен.

Установлены рациональные конструктивно-технологические параметры разработанного устройства: влажность початков 12...22 %; частота вращения молотильного барабана 300...400 мин-1; высота зубьев 12...18 мм; шаг зубьев 3...8 мм.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Бумбар, И. В., Кувшинов, А. А.** К оценке обмолота початков кукурузы бильным барабаном зернового комбайна // Дальневосточный аграрный вестник. – 3. Р. 183–191.
- 2 **Елизаров, В. П.** Исходные требования на базовые машинные технологические операции в растениеводстве / Сборник. – М. : Росинформагротех.
- 3 **Измайлов, А. Ю., Евтюшенков, Н. Е.** Механизация селекционно-опытной работы // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 4. – С. 4–9.
- 4 **Кувшинов, А. А., Бумбар, И. В.** Совершенствование обмолота кукурузы в условиях Амурской области / В Материалы всероссийской научно-практической конференции «Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития» Благовещенск // Изд-во Дальневосточного гос. аграрного ун-та. – Ч. 1. – С. 109–111.

5 **Кувшинов, А. А., Бумбар, И. В., Лонцева, И. А.** Совершенствование обмолота кукурузы зерноуборочным комбайном в условиях Амурской области // АгроЭкоИнфо, ч. 1, С. 40.

6 **Курасов, В. С., Куцеев, В. В., Самурганов, Е. А.** Механизация работ в селекции, сортоиспытании и первичном семеноводстве кукурузы : Монография // Краснодар : КубГАУ.

7 **Курасов, В. С., Погосян, В. М., Цыбулевский, В. В.** Параметры кукурузной селекционной вальцовой молотилки // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 136. – С. 1–14 –2018.

8 <https://doi.org/10.21515/1990-4665-136-001> [Электронный ресурс]

9 **Курасов, В. С., Погосян, В. М., Плешаков, В. Н., Самурганов, Е. Е.** Исследование движения кукурузного початка в вальцовой молотилке // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 69. – 2017. С. 315–318.

10 **Курасов, В. С., Погосян, В. М.** Основные направления совершенствования аппаратов для обмолота семенной кукурузы // В Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции «Инновационные направления в научной и образовательной деятельности». – Смоленск : ООО «НОВАЛЕНСО», 2015. – С. 83-84.

11 **Петунина, И. А.** Обмолот початков кукурузы : Монография. – Краснодар : КубГАУ, 2006.

12 **Петунина И. А.** Очистка и обмолот початков кукурузы : Монография. – Краснодар : КубГАУ, 2007.

13 **Петунина, И. А., Короткин, А. В., Курасов, В. С., Плешаков, В. Н.** Расчет параметров установки для очистки початков семенной кукурузы / Сельский механизатор, 10 // С. 10–11, 2018.

14 **Погосян, В. М.** Селекционная однопочатковая молотилка / Инновации в сельском хозяйстве, 2 // С. 145–149, 2015.

15 **Погосян, В. М., Курасов, В. С.** Обмолот початков кукурузы трехвальцовой молотилкой на этапе селекции // International Scientific and Practical Conference World Science, 5(1), С. 11–13, 2016.

16 **Погосян, В. М.** Тенденции развития аппаратов для обмолота кукурузы / В Сборник статей по материалам 72-й научно-практической конференции преподавателей Кубанского ГАУ по итогам НИР за 2016 г. Краснодар: КубГАУ, С. 313–314, 2017.

17 **Погосян, В. М.** Обмолот кукурузного початка в вальцовой молотилке / В Сборник статей по материалам XI Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 95-летию Кубанского ГАУ и 80-летию со дня образования Краснодарского края // Краснодар: КубГАУ, С. 436–437, 2017.

18 **Погосян, В. М.** Анализ технических средств обмолота початков кукурузы / Наука Кубани, 3 // С. 4–11, 2017.

19 **Смольников, Г. К., Бумбар, И. В.** Совершенствование обмолота кукурузы зерноуборочным комбайном // В Тезисы докладов всероссийской



научно-практической конференции «Агропромышленный комплекс : проблемы и перспективы развития». – Благовещенск : ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ. – 2019. – С. 54.

20 **Труфляк, Е. В.** Физико-механические свойства кукурузы : Монография. – Краснодар : КубГАУ, 2007.

## REFERENCES

1 **Bumbar, I. V., Kuvshinov, A. A.** To assess the threshing of corn cobs by the double drum of a grain combine // Far Eastern Agrarian Bulletin. – 3. – P. 183–191.

2 **Elizarov, V. P.** Initial requirements for basic machine technological operations in crop production / Collection. – M. : Rosinformagrotech.

3 **Izmailov, A. Yu., Evtyushenkov, N. E.** Mechanization of selection and experimental work / Mechanization and electrification of agriculture. – 4. – P. 4–9.

4 **Kuvshinov, A. A., Bumbar, I. V.** Improvement of corn threshing in the conditions of the Amur region // In the Materials of the All-Russian scientific and practical conference «Agro-industrial complex : problems and prospects of development». – Blagoveshchensk : Publishing House of the Far Eastern State Agrarian University. – P. 1. – P. 109–111.

5 **Kuvshinov, A. A., Bumbar, I. V., Lontseva, I. A.** Improvement of corn threshing by a combine harvester in the conditions of the Amur region // AgroEcoInfo. – P. 1. – P. 40.

6 **Kurasov, V. S., Kutseev, V. V., Samurganov, E. A.** Mechanization of works in selection, variety testing and primary seed production of corn : Monograph. – Krasnodar : KubGAU.

7 **Kurasov, V. S., Pogosyan, V. M., Tsybulevsky, V. V.** Parameters of a corn breeding roller thresher // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University, 136. – 2018. – P. 1–14.

8 <https://doi.org/10.21515/1990-4665-136-001>[electronic resource]

9 **Kurasov, V. S., Pogosyan, V. M., Pleshakov, V. N., Samurganov, E. E.** Investigation of corn cob movement in a roller thresher // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. – 69. – 2017. – P. 315–318.

10 **Kurasov, V. S., Pogosyan, V. M.** The main directions of improvement of devices for threshing seed corn / In the collection of scientific papers based on the materials of the International scientific and practical conference «Innovative directions in scientific and educational activities». – Smolensk : NOVALENZO LLC. – 2015. – P. 83–84.

11 **Petunina, I. A.** Threshing corn cobs : Monograph. – Krasnodar : KubGAU, 2006.

12 **Petunina, I. A.** Cleaning and threshing of corn on the cob : Monograph. – Krasnodar : Kubsau, 2007.

13 **Petunina, I. A., Korotkin, A. V., Kurasov, V. S., Pleshakov, V. N.** Calculation of installation options for cleaning the ears of seed corn // Rural mechanic, 10. – 2018. – P. 10–11.

14 **Poghosyan, V. M.** Breeding odnopozova grind // Innovations in agriculture. – 2 – 2015. – P. 145–149.

15 **Pogosyan, V. M., Kurasov, V. S.** Threshing corn cobs with a three-roll threshing machine at the stage of selection // International Scientific and Practical Conference World Science. – 5(1). 2016. – P. 11–13.

16 **Pogosyan, V. M.** Trends in the development of corn threshing machines // In the Collection of articles based on the materials of the 72nd scientific and practical conference of teachers of the Kuban State University based on the results of research for 2016. – Krasnodar : KubGAU, 2017. – P. 313–314.

17 **Poghosyan, V. M.** Threshing corn cob in roller grind // In proceedings of the XI all-Russian conference of young scientists dedicated to the 95th anniversary of the Kuban state agrarian UNIVERSITY and the 80th anniversary of the founding of the Krasnodar territory. – Krasnodar : Kubsau. – 2017. – P. 436–437.

18 **Poghosyan, V. M.** Analysis of technical means of threshing corn on the cob // Science Kuban. – 3. – 2017. – P. 4–11.

19 **Smolnikov, G. K., Bumbar, I. V.** Improvement of corn threshing by a combine harvester // In the Abstracts of the All-Russian scientific and practical conference «Agro-industrial complex: problems and prospects of development». – Blagoveshchensk : Far Eastern State Agrarian University. – 2019. – P. 54.

20 **Truflyak, E. V.** Physico-mechanical properties of corn : Monograph. – Krasnodar : KubGAU, 2007.

Материал поступил в редакцию 17.03.22.

\*3. **Л. Хажметова<sup>1</sup>, Ю. А. Шехихачев<sup>2</sup>, Л. М. Хажметов<sup>3</sup>, Л. З. Шакихачева<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup>Кабардино-Балқар мемлекеттік аграрлық университеті,  
Ресей Федерациясы, Нальчик қ.

Материал баспаға 17.03.22 түсті.

#### ЖАҢАЛЫҚ БАСҚАРУ ҚҰРЫЛҒЫНЫҢ ӘЗІРЛЕУ АРҚЫЛЫ ЖҮГЕРІ ДАСТЫҒЫН ОРЫНДАН КЕЙІН ӨНДЕУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ЖЕТІЛДІРУ

*Дәнді және жеміс-жидек дақылдарының арасында жетекші орындардың бірі-жүгері. Одан 3500-ге жуық өнім түрлері өндіріледі. Бұл мәдениет жануарлар мен құстардың барлық түрлері үшін жоғары энергетикалық жем ретінде үлкен маңызға ие. Жүгері дәнін өндіру процесінде егін жинау көп уақытты алады-60...Жалпы еңбек шығындарының 80%. Соңғы уақытта жүгеріні жинаудың ең көп уақытты қажет ететін кезеңі-құлақтарды бастыру, оның сапасы екі негізгі көрсеткішпен сипатталады – астықтың зақымдануы және құлақтардың болмауы.*

*Қазіргі уақытта бастыру принциптері мен технологиялық схемалары бойынша әртүрлі бастырыштардың үлкен саны жасалды. Қолданыстағы бастырыштар үлкен өнімділікке ие және жүгерінің едәуір көлемін бастыруға арналған. Алайда, жүгері өсіру құрылымында жеке сектордағы шағын дақылдар маңызды орын алады. Жүгерінің құлақтарын жинағаннан*

кейін олар қолмен бастырылады немесе әртүрлі қолмен және механикалық бастырығыштар жасалады. Сонымен қатар, қазіргі уақытта жүгері бастыру процесінің физикалық табиғаты әлі жеткілікті зерттелмеген және олардың теориясы жеткіліксіз дамыған кезде, бастырығыштарды соққымен немесе үгітумен бастыру принципі бойынша бөлу толық емес.

Осыған байланысты, мақалада дәнді минималды жарақатпен орауышта жүгері құлақтарын бастыруды қамтамасыз ететін шағын габаритті бастырығыштың құрылымдық және технологиялық схемасы негізделген. Теориялық зерттеулер нәтижесінде әзірленген бастыру құрылысының құрылымдық-технологиялық параметрлерінің ұтымды мәндері белгіленді: собықтардың ылғалдылығы 12...22 %; бастыру барабанының айналу жиілігі 300...400 мин<sup>-1</sup>; тістердің биіктігі 12...18 мм; тістердің қадамы 3...8 мм..

Кілтті сөздер: жүгері, құлақ, бастырығыш, бастырығыш, тұқым, жарақат, тиімділік.

\*Z. Khazhmetova<sup>1</sup>, Yu. Shekikhachev<sup>2</sup>, L. Khazhmetov<sup>3</sup>, L. Shekikhacheva<sup>4</sup>  
<sup>1,2,3,4</sup>Kabardino-Balkarian State Agrarian University, Russian Federation, Nalchik.  
 Material received on 17.03.22.

### IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY OF POST-HARVEST CORN PROCESSING WITH DEVELOPMENT OF INNOVATIVE THRESHING DEVICE

One of the leading places among grain and fodder crops is corn. About 3,500 types of products are produced from it. This crop is of great importance as a high-energy feed for all kinds of animals and birds. In the process of corn grain production, harvesting is the most labor-intensive - 60...80 % of the total labor costs. Recently, the most labor-intensive stage of corn harvesting is the threshing of cobs, the quality of which is characterized by two main indicators - grain injury and under-threshing of cobs. At the moment, a large number of threshing machines have been developed that differ in the principles and technological schemes of threshing.

The existing threshing machines have high productivity and are designed for threshing significant volumes of corn cobs. However, in the structure of corn cultivation, a significant place is occupied by small crops in the private sector. After the corn cobs are harvested, they are threshed by hand or a variety of manual and mechanical threshing machines are made. In addition, at present, when the physical nature of the corn threshing process has not been sufficiently studied and their theory has not been sufficiently developed, the distribution of threshing machines according to the principle of threshing by impact or grinding is not complete.

In this regard, the article substantiates the design and technological scheme of a small-sized threshing machine that ensures the threshing of corn cobs in a wrapper with minimal injury to the grains. As a result of theoretical studies, rational values of the design and technological parameters of the developed threshing device have been established: the humidity of the ears is 12...22 %; the rotation frequency of the threshing drum is 300... 400 min<sup>-1</sup>; the height of the teeth is 12...18 mm; the pitch of the teeth is 3...8 mm..

Keywords: corn, cob, threshing machine, threshing, seeds, injury, efficiency.

### СТРОИТЕЛЬСТВО

МРНТИ 67.09.33

<https://doi.org/10.48081/VYTH5824>

\*Д. В. Владимиров<sup>1</sup>, Л. Л. Булыга<sup>2</sup>, В. Г. Никифорова<sup>3</sup>,  
 А. А. Ахметова<sup>4</sup>, И. Менендес Пидал<sup>5</sup>

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

<sup>5</sup>Политехнический университет, Испания, г. Мадрид

### ЯЧЕИСТЫЙ БЕТОН НА ОСНОВЕ ЗОЛЫ ЭКИБАСТУЗСКОЙ ГРЭС-2

В статье представлены составы ячеистых бетонов автоклавного твердения на основе золы-унос Экибастузской ГРЭС-2 и комплексной алюмосодержащей добавки.

В статье присутствуют графики газобетонных изделий с алюмосодержащей добавкой и сравнение с обычным составом смеси, таблицы химических составов сырья, результаты испытаний на прочность, плотность и морозостойкость, приведены основные физико-механические характеристики сырьевых материалов и предлагаемых бетонов.

Отходы от сжигания углей Экибастузского угольного бассейна составляют многие миллионы тонн ежегодно. Зола-унос, улавливаемая в электрофильтрах пыль, является одним из самых «популярных» объектов исследования в экологическом направлении, которому посвящены многие исследовательские работы в странах СНГ и за рубежом. Связано это с тем, что огромные массы отходов накапливаются вблизи мегаполисов, отчуждая дорожную пригородную землю с тенденцией нелинейного роста и существенно снижая рыночную ценность близлежащей земли и строений. Золоотвалы требуют огромных затрат на содержание отходов промышленности.

Актуальностью этой статьи является решение экологических проблем региона, а также появляется возможность получения газосиликата при минимальном содержании в бетоне цемента, как самого дорогостоящего компонента.

Ключевые слова: Зола-унос, ячеистый бетон, комплексная алюмосодержащая добавка, прочность, плотность, морозостойкость.

### Введение

Целью настоящей работы получение газосиликата с наименьшей возможной плотностью и наибольшей прочностью изделий, т.е. при наибольшем значении коэффициента конструктивного качества, удовлетворяющего требованиям стандарта по плотности, прочности и морозостойкости изделий.

Научная новизна работы заключается в изучении влияния комплексной алюмосодержащей добавки на прочность и морозостойкость ячеистого бетона с золой Экибастузской ГРЭС-2.

**Материалы и методы исследований**

Объектом исследования является ячеистый золобетон с комплексной алюмосодержащей добавкой. В работе были приняты стандартные методы исследований на прочность ГОСТ 18105-12 и морозостойкость ГОСТ 31359-2013 [1].

Вода для приготовления бетонов удовлетворяет требованиям ГОСТ 23732-13 [2]. Воду применяли из общей магистрали и подогревали до температуры 50 0С [3].

Плотность образцов определяли по стандартной методике СТ РК 10180 [4].

Образцы были испытаны на предел прочности при сжатии по ГОСТ 18105-12 [5]. Испытание проводили на образцах-кубах размером 10×10×10 см [6] на гидравлическом испытательном прессе ПГМ-1000 МГ-4.

Таблица 1 – Химический состав портландцемента

Содержание окислов, %									
CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	п.п.п	всего
61,92	20,66	4,60	4,61	2,91	0,73	0,74	2,53	1,3	100

В качестве кремнеземистых компонентов для газобетона и газосиликата применяли песок кварцевый ТОО Sputnik GPS и Карасорского месторождений, зола сухого отбора Экибастузской ГРЭС-2. Характеристика зернового состава этих материалов представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристика зернового состава песков

	Номера сит, мм							Всего	Модуль крупности
	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	≤014		
Песок ТОО Sputnik GPS									
частные остатки, г	90	140	370	225	400	195	30	1360	
частные остатки, %	7	10	27	17	29	14	2	100	
полные остатки, %	0	10	38	54	83	98	100	0	2,83
Песок Карасорского месторождения									
Песок 1									
частные остатки, г	0	0	20	18	200	1190	126	1554	
частные остатки, %	0	0	1,3	1,2	12,9	76,6	8,1	100	
полные остатки, %	0	0	1	2	15,3	91,9	100	0	1,11
Песок 2									
частные остатки, г	0	0	0	2	180	1165	59	1406	
частные остатки, %	0	0	0,0	0,1	12,8	82,9	4,2	100	
полные остатки, %	0	0	0	0	12,9	95,8	100	0	1,09
Песок 3									
частные остатки, г	0	0	20	45	850	560	12	1487	
частные остатки, %	0	0	1,3	3,0	57,2	37,7	0,8	100	
полные остатки, %	0	0	1	4	61,5	99,2	100	0	1,66

Песок 4									
частные остатки, г	0	0	0	1	115	1080	215	1411	
частные остатки, %	0	0	0,0	0,1	8,2	76,5	15,2	100	
полные остатки, %	0	0	0	0	8,2	84,8	100	0	0,93

Таблица 3 – Химический состав золы Экибастузской ГРЭС-2

Содержание оксидов, %												
SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	FeO	SO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	п.п.п
65,0	3,50	28,0	1,00	0,40	0,56	0,26	0,20	0,70	0,60	0,40	0,30	2,30

Таблица 4 – Химический состав гипса Актюбинского гипсового завода

Содержание оксидов, %				
CaO	SO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	MgO	п.п.п
32,56	46,51	-	-	20,93

Таблица 5 – Химический состав извести Майкаинского месторождения Павлодарской области

Химический состав	Норма для извести, %, по массе	
	слабогидравлической	сильногидравлической
Активные CaO+MgO:		
- не более	65	40
- не менее	60	5
Активный MgO, не более	6	6
CO <sub>2</sub> , не более	6	5

В качестве комплексной алюмосодержащей добавки применялись пудра ПАП-1 с удельной поверхностью 7000 см<sup>2</sup>/г, истинной плотностью 2500 кг/м<sup>3</sup>, насыпной плотностью с 600 кг/м<sup>3</sup> содержанием активного алюминия 82 % и суперпластификатор С-3.

Таблица 6 – Химический состав суперпластификатора С-3

Химический состав	% соотношение соединений
Сульфат натрия	8
Сульфированные поликонденсаты	82
Влага	10

**Результаты и обсуждение**

Состав для приготовления образцов представлены в таблице 7, а результаты испытания – в таблице 8.

Таблица 7 – Состав для испытания на морозостойкость

Номер состава	Расход материалов на м <sup>3</sup> газозолосиликата, кг					В/В
	цемент	известь	зола	алюмосодержащая добавка	гипс	
173	124	124	502	2,75	12	1,73
168	88	88	395	1,75	9	1,86
169	103	103	415	2,25	11	1,57

Таблица 8 – Результаты испытания образцов на морозостойкость

Количество циклов замораживания-оттаивания	Масса, г				Прочность, мПа				Примечание (внешний вид)
	№ образца				№ образца				
	1	2	3	ср	1	2	3	ср	
контрольный	685	700	692	692	4,09	4,01	4,17	4,09	углы и стороны образцов ровные
5	990	1005	1030	1010	3,48	3,63	3,33	3,55	внешний вид не изменился
10	1001	1005	1003	1003	3,44	3,74	3,09	3,42	
15	996	998	1000	998	3,68	3,02	5,34	3,38	
20	985	994	989	989	3,02	2,83	4,18	3,34	
25	984	980	982	982	3,60	3,00	4,17	3,59	шелушатся углы образцов
30	970	974	978	974	3,91	3,88	3,94	3,91	
35	968	970	966	968	2,52	4,19	3,85	3,52	
40	957	963	960	960	3,30	2,31	4,29	3,30	начали осыпаться углы
45	960	955	950	955	3,39	2,66	4,09	3,38	
50	955	953	957	955	2,43	1,56	3,30	2,43	

На основании полученных результатов была построена зависимость прочности при сжатии от количества циклов замораживания-оттаивания [7]. По требованиям стандарта [8] образцы испытывали во влажном состоянии после оттаивания в воде, поэтому повышающий коэффициент составляет 1,15. Зависимость предела прочности при сжатии от количества циклов замораживания-оттаивания представлена на рисунке.

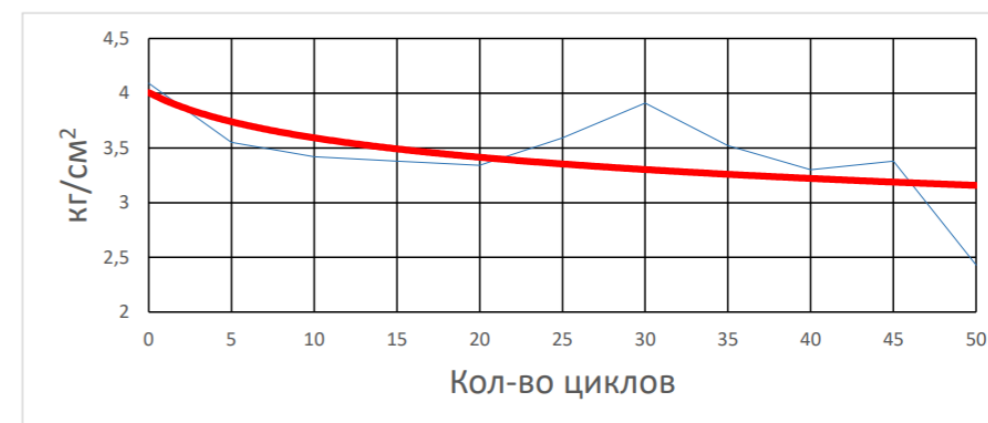


Рисунок 1 – Зависимость предела прочности при сжатии от количества циклов замораживания-оттаивания

Для получения сравнительных результатов были проведены испытания автоклавного газозолобетона. Результаты испытаний по плотности, прочности при сжатии [9] и коэффициенту конструктивного качества представлены в таблице 9 и на рисунках 1–4.

Таблица 9 – Результаты испытаний газозолобетона

Номер состава	Вид наполнителя	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Предел прочности при сжатии, кг/см <sup>2</sup>	к.к.к	Марка бетона	Класс бетона
21	зола	1174	28,5	2,43	25	1.5
22		1379	63.4	3,60	50	3.5
26		949	18,6	1,96	25	1.5
30		1413	67,5	3,77	50	3.5
71		933	10,0	1,07	10	0,75
72		926	13.6	1,47	15	1
73		1013	16,9	1,67	15	1
57		792	7,9	0,99	5	0,35
58		741	6,3	0,85	5	0,35
59		600	4.5	0,75	5	0,35
60		493	4,5	0,91	5	0,35
74		740	5,3	0,72	5	0,35
75		818	7,3	0,90	5	0,35

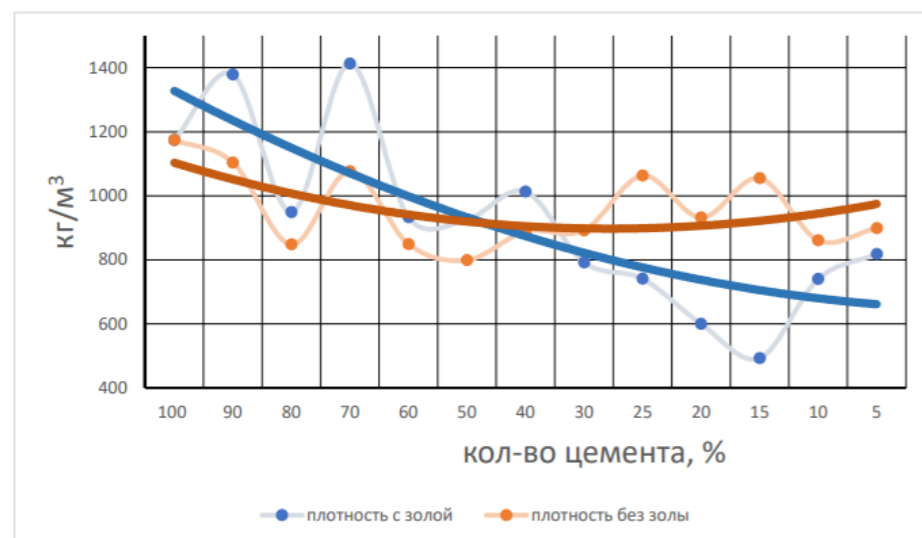


Рисунок 2 – Зависимость плотности газобетона от количества цемента и вида наполнителя

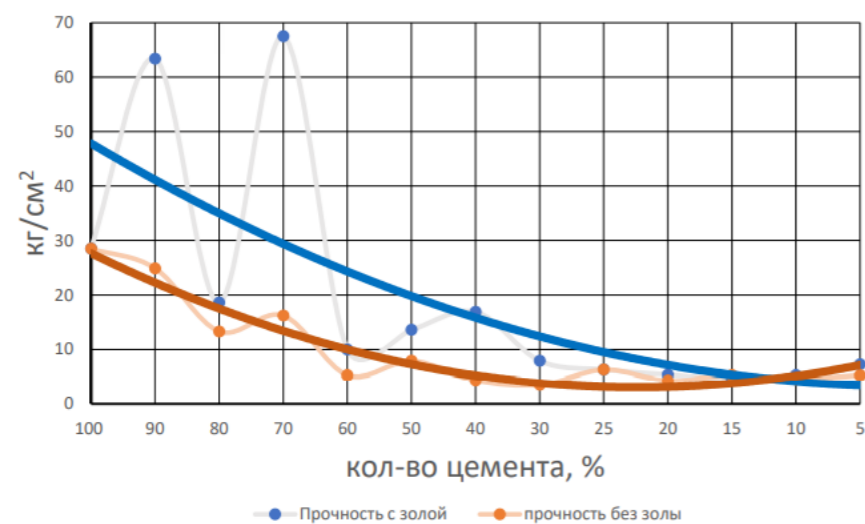


Рисунок 3 – Зависимость прочности при сжатии газобетона от количества цемента и вида наполнителя

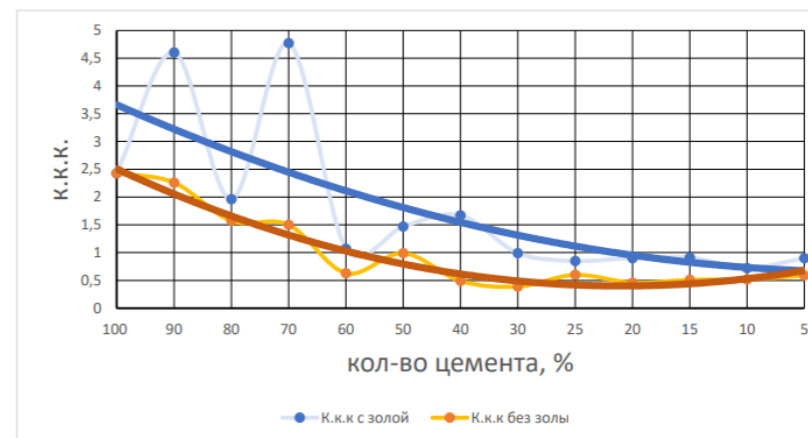


Рисунок 4 – Зависимость к.к.к. газобетона от количества цемента и вида наполнителя

Таблица 10 – Результаты испытания образцов из газозолобетона

Номер состава	Вид наполнителя	Средняя плотность, кг/м³	Предел прочности при сжатии, кг/см²	к.к.к	Марка бетона	Класс бетона
51	зола	903	10,2	1.13	10	0,75
52		668	12,4	1.86	10	0,75
53		968	32,9	3.40	35	2,5
54		860	11,4	1,33	10	0,75
55		838	10,5	1,25	10	0,75
56		945	18,6	1,97	25	1,5

Результаты испытания газобетона (расчет состава по Баранову А. Т. и Бужевичу Г. А.) [10] представлены в таблице 10 и на рисунках 5-6.

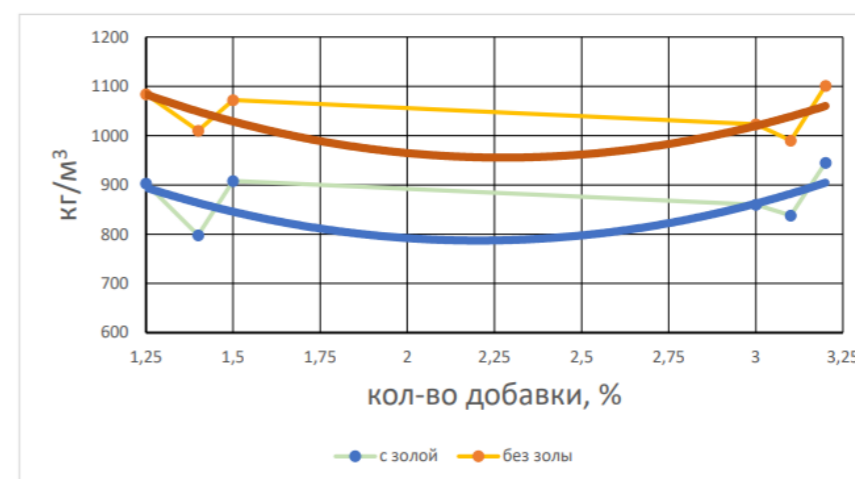


Рисунок 5 – Зависимость плотности газобетона от вида и количества наполнителя

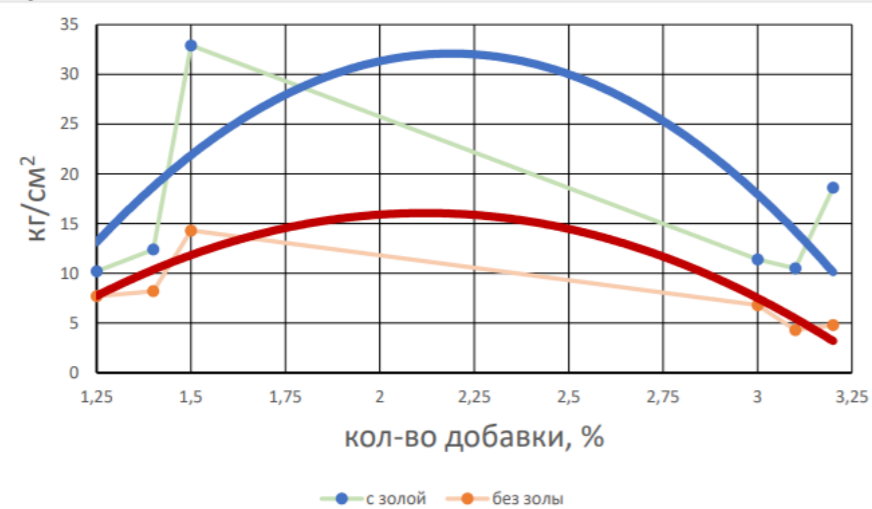


Рисунок 6 – Зависимость прочности газобетона от вида и количества наполнителя

### Выводы

Исследованы физико-технические свойства сырьевых материалов, бетонных смесей и ячеистых бетонов с использованием в качестве мелкого заполнителя песков месторождений Павлодарской области и золы Экибастузской ГРЭС-2.

Определены оптимальные составы ячеистого газозолобетона и газосиликата плотностью 650–750 кг/м<sup>3</sup>, прочностью 2,0–5,0 МПа, коэффициент конструктивного качества – 1,5–4.

Анализ полученных результатов показал, что увеличение плотности и прочности исследуемых образцов повышает их морозостойкость. Образцы марки D600-D700 выдержали требования стандарта и морозостойкость составила 35 циклов, при потери по массе 4,2 %.

Установлено оптимальное содержание комплексной алюмосодержащей добавки в смеси 1,75–2,75 % на плотность и прочностные характеристики бетонов.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 ГОСТ 31359-2013 Морозостойкость, циклы.
- 2 ГОСТ 23732-13 Вода для бетонов и строительных растворов.
- 3 Бетоны на основе золы и шлака ТЭС и комплексное их использование в строительстве. Сборник докладов Всесоюзной конференции под общей редакцией Павленко С. И. В 2-х томах. – Новокузнецк, 2016.
- 4 СТ РК 10180 Бетоны. Методы определения прочности.
- 5 ГОСТ 18105-12 Бетоны. Правила контроля и оценки прочности.
- 6 **Баженов Ю. М., Шубенкин П. Ф., Дворкин Л. И.** Применение промышленных отходов в производстве строительных материалов. – М : ИАСВ, 2015.

7 **Волженский А. В., Буров Ю. С., Виноградов Б. Н.** Бетоны и изделия из шлаков и зольных материалов. – М : ИАСВ, 2013.

8 **Газиев У. А., Акрамов Х. А.** Отходы промышленности в производстве строительных материалов и изделий. – Ташкент, 2014.

9 Бетоны на основе зол и шлаков ТЭС для несущих и ограждающих конструкций в монолитном и сборном исполнении / Павленко С. И., Середкин О. Л., Рехтин И. В. и др. // Экологические проблемы переработки вторичных ресурсов в строительные материалы и изделия : Тезисы докладов Всесоюзного научного совещания. Т.2 – Чита, 2016. – С.155-157.

10 **Баранова А. А.** Влияние пластификаторов на свойства цементного теста / Баранова А. А., Полякова Е. О., Ховбощенко О. В. // Современные технологии и научно-технический прогресс. Т. 1. № 1. – Ангарск : Издательство Ангарской государственной технической академии, 2017. – С. 30.

### REFERENCES

- 1 GOST 31359-2007 Morozostoikost, cykly.
- 2 GOST 23732-11 Voda dlya betonov i stroitelnyh rastvorov.
- 3 Betyony na osnove zoly i shlaka TES i kompleksnoe ih ispolzovanie v stroitelstve. Sbornik dokladov Vsesouznnoi konferencii pod obshei redakciei. Pavlenko S. I. In 2 Vol. – Novokuzneck, 2016.
- 4 ST RK 10180 Betyony. Metody opredelenia prochnosti.
- 5 GOST 18105-10 Betyony. Pravila kontrola i ocenki prochnosti.
- 6 **Bazhenov Y. M., Shubenkin P. F., Dvorkin L. I.** Primeneniye promyshlennyh orhodov v proizvodstve stroitelnyh materialov. – Moscow : IASV, 2015.
- 7 **Volzhenskii A. V., Burov Y. S., Vinogradov B. N.** Betyony i izdeliya iz shlakov i zolnyh materialov. – Moscow : IASV, 2009.
- 8 **Gaziev U. A., Akramov H. A.** Othody promyshlennosti v proizvodstve stroitelnyh materialov i izdelii. – Tashkent, 2014.
- 9 Betyony na osnove zol i shlakov TES dla nesushih i ograzhdayshih konstrukcii v monolitnom i sbornom ispolnenki / Pavlenko S. I., Seredkin O. L., Rehtin I. V. i dr. // Ekologicheskie problemy pererabotki vtorichnyh resursov v stroitelnye materialy i izdeliya: Tezisy dokladov Vsesouznogo nauchnogo soveshania. – T.2 Chita. P.155–157.
- 10 **Baranova A. A.** Vliyanie plastifikatorov na svoistva cementonogo testa / Baranova A. A., Polyakova E. O., Nevboshenko O. V. // Sovremennye tehnologii i nauchno-tekhnicheskii progress. T. 1. № 1. – Angarsk : Izdatelstvo Angarskoi gosudarstvennoi tehnikeskoii akademii, 2012. – P. 30.

Материал поступил в редакцию 17.03.22.

**\*Д. В. Владимиров<sup>1</sup>, Л. Л. Булыга<sup>2</sup>, В. Г. Никифорова<sup>3</sup>, А. А. Ахметова<sup>4</sup>,  
И. Менендес Пидал<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup>Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ;

<sup>5</sup>Политехникалық университет, Испания, Мадрид қ.

Материал баспаға 17.03.22 түсті.

### ЕКІБАСТҰЗДЫҢ ГРЭС-2 КҮЛ НЕГІЗІНДЕГІ ҚУЫСТЫ БЕТОН

Мақалада Екібастұз ГРЭС-2 күл шығару негізінде автоклавты қатаюдың қуысты бетондарының құрамдары және алюминий қоспасы бар кешенді қоспалар ұсынылған.

Мақалада алюминий қоспасы бар газдалған бетон өнімдерінің графиктері және қоспаның әдеттегі құрамымен салыстыру, шикізаттың химиялық құрамының кестелері, беріктік, тығыздық және аязға төзімділік сынақтарының нәтижелері, шикізат пен ұсынылған бетондардың негізгі физикалық және механикалық сипаттамалары келтірілген.

Екібастұз көмір бассейнінің көмірін жағу қалдықтары жыл сайын миллиондаған тоннаны құрайды. Шаң-тозаң электр сүзгілерінен алынатын күл-унос экологиялық бағыттағы ең танымал зерттеу объектілерінің бірі болып табылады, оған ТМД елдерінде және шет елдерде көптеген зерттеу жұмыстары арналған. Бұл мегаполистердің жанында үлкен қалдықтардың жиналуына, қымбат қала маңындағы жерлерді сызықтық емес өсу тенденциясымен иеліктен шығаруға және жақын жерлер мен ғимараттардың нарықтық құнын едәуір төмендетуге байланысты. Күл үйінділері өнеркәсіп қалдықтарын ұстау үшін үлкен шығындарды талап етеді.

Бұл мақаланың өзектілігі аймақтың экологиялық мәселелерін шешу болып табылады, сонымен қатар ең қымбат компонент ретінде бетондағы цементтің минималды құрамымен газ силикатын алуға болады.

Кілтті сөздер: күл, қуысты бетон, кешенді алюминий құрамды қоспа, беріктік, тығыздық, аязға төзімділік.

**\*D. V. Vladimirov<sup>1</sup>, L. L. Bulyga<sup>2</sup>, V. G. Nikiforova<sup>3</sup>, A. A. Ahmetova<sup>4</sup>,  
I. Menendes Pidal<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup>Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar;

<sup>5</sup>Polytechnic University, Spain, Madrid

Material received on 17.03.22.

### CELLULAR CONCRETE BASED ON ASH OF EKIBASTUZ GRES-2

The article presents the compositions of autoclave-hardened cellular concretes based on fly ash of Ekibastuz GRES-2 and a complex aluminum-containing additive.

The article contains graphs of aerated concrete products with an aluminum-containing additive and a comparison with the usual composition of the mixture, tables of chemical compositions of raw materials, test results for strength, density and frost resistance, the main physical and mechanical characteristics of raw materials and the proposed concretes.

Waste from coal burning in the Ekibastuz coal basin amounts to many millions of tons annually. Fly ash, dust captured in electrofilters, is one of the most «popular» objects of research in the environmental field, to which many research works in the CIS countries and abroad are devoted. This is due to the fact that huge masses of waste accumulate near megacities, alienating expensive suburban land with a tendency of nonlinear growth and significantly reducing the market value of nearby land and buildings. Ash dumps require huge costs for the maintenance of industrial waste.

The relevance of this article is to solve the environmental problems of the region, as well as the possibility of obtaining silicate gas with a minimum content of cement in concrete, as the most expensive component.

Keywords: Fly ash, cellular concrete, complex aluminum-containing additive, strength, density, frost resistance.

SRSTI 73.29.11

<https://doi.org/10.48081/NJAY4790>

\*P. Gavrilovs<sup>1</sup>, V. Ivanovs<sup>2</sup>, D. Gorbacovs<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Riga Technical University, Latvia, Riga

**STUDY OF DAMAGE TO VAE CROSS CROSSING**

The paper considers issues related to the reliability of railway switches. In particular, the quality of the steel used in the switch elements is investigated. The Latvian Railway operates more than 1,500 level crossings of profile 60 E1. According to the regulatory documentation of the Railway Administration, the planned repair of the transition to the main roads will be carried out with a transverse tonnage of > 450 million tons. But on average, after the total passage of 115 million tons, there are blurring of borders and cracks at the crossings. After melting, the crucifix should, on average, pass a total load of no more than 10 million tons. The core of these transitions is polymetallic, consisting of two-component steel. The crucifix is made of 350 HT grade tracked steel with a carbon content of 0.72–0.77 %. The surface with a thickness of about 20 mm is made of Hadfield steel.

Keywords: steel, Hadfield steel, electrodes, current, transverse, wear, crouts, sparning threshold, defrosting of detachment, the carbon equivalent.

**Introduction**

The transition of rolling stock from one road to another shall consist of bodywork equipment connecting and/or crossing the roads. Road coupling shall be carried out with crossings (Figure 1) and crossings with road crossings [1]



Figure 1 – Simple switch-over scheme:  
1 – threshold; 2 – axle; 3 – tipping threshold; 4 – core;  
5 – cross-crossing top; 6 – counter-threshold [13]



Figure 2 – VAE cross scheme:  
1 – kicking rails; 2 – mathematical centre; 3 – core;  
4 – crucifixion tail; 5 – harmful expanse [13]

All elements of the crossing and road crossing are of equal importance, but the crossover (Figure 2) moves between the switches and the crossings is a «weak element» because of the “most difficult” function. The crossing rail heads cross each other, enabling the wheel to move freely along a continuous rolling surface. A rigid displacement path along the edges of the crucifixion core and the working sides of the wing rails shall be provided to the wheel with the rim by an anti-rail (Figure 1), the wheel being closely connected to the wheelset’s axis in firmly defined dimensions. The Latvian railway operates mainly crossings with rigid parts (Figure 2), which also include VAE crossings and, in rare cases, crossings with moving flexible cores which, with their moving parts, «close» the harmful expanse.

Latvian railway purchased approximately 1500 60E1 track-profile Austrian crossings with pointed VAE crossings for EU funds. VAE crucifixion is a assembled cross. Its main elements are one core and two wing rails. The intersection point of the edges of the core work is called the mathematical center of the crucifixion core. The angle formed by the edges of the core work is referred to as the crossing angle. After this, a unified cross mark is defined as the ratio of width to length, so it is about 1/11, 1/9 and 1/6 VAE crouts and, in very rare cases, uses VAE cross crossings with a level of non-standard cross. The narrowest place between the wings is called the neck of the crucifixion, but the distance from the neck of the cross to the actual core of the crucifix is called the harmful expanse [2].

VAE core crotch is polymetallic, i.e. it consists of two-made steel which is connected to one another. The crucifix base is made of track steel mark 350HT with a carbon content of 0.72–0.77 %. The surface of approximately 20 mm is made of Gadfield steel [3].

During the lifetime of the crucifixion, the VAE crucifixion has a variety of defects, but on average, after 115 million tonnes of gross passage, the crossings have marginal wear and cracks.

**Materials and methods**

1 Damage to VAE crouts

1.1 Failure of the core of the crucifixions

In most cases, following the gross passage of 20–40 million tonnes for the new VAE crossings in the wheel crossing area from the wing rail to the core, in the harmful



expanse, there are shallow and deep shortages (Figure 3). When the wheel shifts these unevenings result in the dynamic forces of the impact leading to calamation, detachment and cracks in a highly alloy manganese layer [4].



Figure 3 – Core fissures of VAE cross 60E1 1/11

Longitudinal cracks and fractures for VAE crossings on Latvian railways [12] are most commonly observed on the main roads (Figure 4) at loadload of more than 30 million tonnes gross per year.



Figure 4 – Breaking of the core of the VAE cross 60E1 1/11 and cracks at the Alotene station

In Latvian railways, it is not always timely that floodings are drowned, resulting in scarves (Figure 5), later breaking them down and the roughness begins to spread throughout the size of the core. From the vibrations caused by unevenings, the crucifixion gradually collapses and becomes unusable.



Figure 5 – VAE cross-over R-65 1/11 core burst at the yard station

In addition to insufficient maintenance: too wide anti-rail trays, worn counter rails and narrowed road widths, the rim of the wheel may remove the end of the core (Figure 6).



Figure 6 – Breakage of the end of the core of VAE cross R-65 1/9 at the Skirotavas station

By releasing approximately 115 million tonnes of gross cargo and independently operating THE VAE cross, a worn crucifixion sedli (Figure 7), visible as a hole from a distance of 15 m, occurs on the core and on the wing.



Figure 7 – VAE cross R-65 1/11 worn core at the Aizkraukle station

### 1.2 Failure of VAE crossing malfunction

Similarly, as the pelling, detachment and cracking of VAE cores (Figure 3) is common, the rolling surface of the winging rails is also damaged (Figure 8). The characteristic zone of the defect is the harmful expanse.



Figure 8 – VAE cross 60E1 1/11 cracks at Slampes station

Rebuilding the wing threshold in melting is not always as successful as it was originally expected. Non-welding causes deep and long longitudinal detachment cracks (Figure 9).



Figure 9 – VAE cross-cross R-65 1/11 detachment at Slampes station

Similarly to the lack of timely tapping of cores, there is no timely polishing of the winging rails for how connected these operations are. Similar problems arise with splinters (Figure 10).



Figure 10 – VAE cross R-65 1/11 at the Skirotavas station

Crossroads often form at the beginning of the harmful cracks (Figure 11).



Figure 11 – VAE cross, R-65 1/11 cross-slide, Aizkraukle station

2 Technical problems caused by vae crossing damage and measures to be taken to take the problems

The VAE crossing with its fixed parts is considered to be a road roughness that causes a sudden change in the wheel support trajectory when the train is running at high speed. These are mainly vertical dynamic loads between 200 and 400 kN [6]. Very often VAE crossings do not withstand the cyclic loads of 25 tons of wheels on trains in circulation on Latvian railway.

Shallow cracks and unevenness in the railway are corrected by grinding the damaged or uneven layer [9]. Due to grinding, the core rapidly loses its valuable layer of high-alloy manganese, which leads to service restrictions. For example, if the specified train speed is 120 km / h, the vertical wear or defect depth shall not exceed 5 mm. When the wear or crack depth is reached – 10 mm, the speed is reduced to 40 km / h, but after reaching more than 12 mm, the operation of VAE crossings is not allowed in accordance with Latvian railway regulations [5]. Inspection of the crossroads at the Latvian Railway shows that the grinding works of the crossing are not carried out in time, grinding up the surges and small cracks in their initial stage of development. In order to prevent the crossing from reaching a very defective condition, the operating parts perform melting of the damaged or worn parts by electric arc welding in a planned manner. In Latvian Railways, according to the regulations, the crossings are melted only up to a defect depth of 13 mm from the project surface, but deeper ones are replaced [7].

### 3 VAE crossing damage statistics

#### 3.1 Technical information on statistics

Statistics are provided for all pointed VAE crossings on the Latvian railway with an angle of 1/11, 1/9 and 1/6 and the European track mark 60E1, which were put on the road together with the new Austrian type switches in the period from 01.07.2003. – 30.12.2021.

In order to reflect the topicality of this problem, SJSC «Latvian railway» will look at the cross-melting statistics of the Railway Administration and the Jelgava operation part of the period from 2018 to 2021 [14].

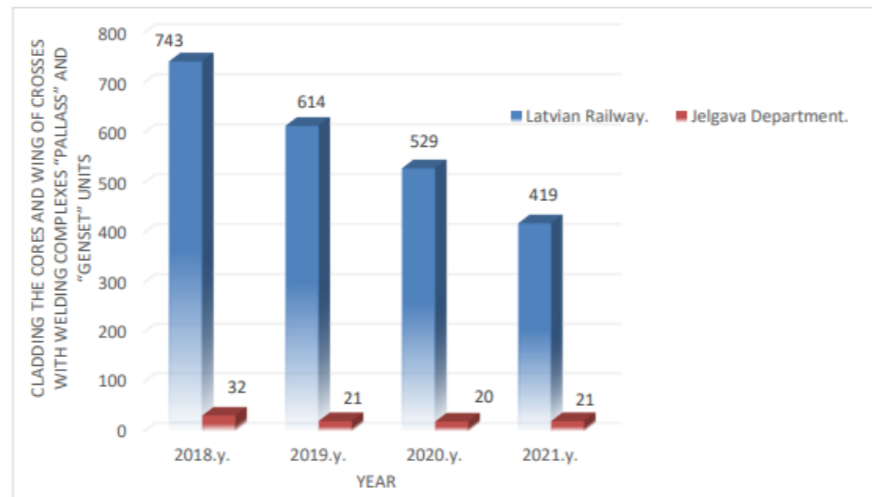


Figure 12 – Statistics of melting of the cross core and wing rail for the period from 2018 to 2021

On Figure 12 we can see how the melting statistics is gradually starting to decrease from 743 melted crosses in 2018 to 419 molten crosses in 2021. Track management for the structure. Jelgava operation parts are one of the number of crossings for the Latvian railway and damaged crossings. According to the smelting statistics (Figure 12), the average smelting statistics for the last three years from 2019 to 2021 in Jelgava consisted of the repair of 20 damaged crossings with welding complexes «PALLAS» and «GENSET», although in 2018 32 damaged crosses were melted. However, smelting technology remains one of the current methods of extending the service life of the cross in Latvia and abroad.

**Results and discussion**

Research projects. RTU Transport Institute studied the melting of VAE crossings in Latvian railway. During the field observations of RTU Transport Institute, one VAE cross was melted in Garozas st. switch No. 3, as well as in the RTU certified laboratory, metallography was performed on other fused samples of VAE cores and wing rails.

Relative welding quality criterion. The weldability of steels is characterized by the indirect carbon equivalent of weldability of metals [8]. The carbon equivalent of VAE crossings is calculated:

$$C_{ekv} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cr + Mo + V}{10} \tag{1}$$

where C – carbon content in hundredths of a percent;

Mn, Ni, Cr, V amount of chemical elements, %.

This formula and the like are purely empirical and their reliability is quite relative [8]. Steel welds with  $C_{ekv}$  up to 0.25, satisfactory – 0.25–0.35, limited weld – 0.35–0.45 and poorly welded if the carbon equivalent is greater than 0.45. The carbon equivalent

of the manganese core of the VAE crosses is unfavorable – from 0.45 to 0.46. The core of the cross must not be overheated by more than 200 °C.

Investigations of VAE cross core melting field conditions at Garozas station. 23.11.2021. the core of the VAE cross was fused with a vertical wear of 6 mm. At the crust station, switch no. During the melting of 3 cores, some deviations from the work technology were found, namely, the core temperature was not monitored often enough by the thermometer by a manual touch welder, and the applied welding current could be in a wide range, inaccurately related to the electrode diameter. any remaining moisture was not dried with the burner.

After melting 25.11.2021. irregularities with hollow recesses formed at the depth of 0.8 mm (Figure 13) on the surface of the core, which was reported to the road master.

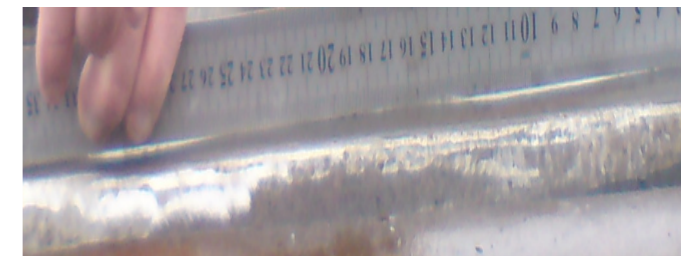


Figure 13 – VAE cross 60E1 1/11 core recesses at the Carozas station

One month after melting, longitudinal cracks appeared in the core [11] and defectoscopists determined that the defect had become dangerous, so 27.12.2021. melting was repeated, this time drying any residual moisture after paint defectoscopy and strictly observing the temperature regime during welding. However, in the first days after melting, non-weld inclusions 2 mm in diameter were discovered, leading to a longitudinal crack of about 90 mm (Figure 14).



Figure 14 – VAE cross 60E1 1/11 core longitudinal crack at Carozas station

The operation department decided to melt the VAE core for the third time – 23.02.2022. VAE cross cores 08.03.2022. showed long and small cracks during color defectoscopy (Figure 15). Spider was replaced as planned.



Figure 15 – VAE cross 60E1 1/11 core longitudinal crack at Crust station

Investigations of VAE cross wing rail melting field conditions at Crust station. The melting of the wing rail coincided with the melting of the core and took place on the same day. 23.11.2021 the wing rail was melted for the first time. Melting was performed with a reverse polarity current of 140 A using an OK83.29 electrode with a diameter of 5 mm. The current for an electrode of this diameter is not the most optimal, despite the fact that the instructions for the current range from 110 to 220 A. During melting, the temperature regime of the wing rail, which had to be between 350 and 400°C, was not always observed. Probably a month after melting, defectoscopes with an ultrasonic defectoscope found dangerous internal cracks in the wing rail. The wing rail was remelted on the same day as the core was melted – 27.12.2021. This time the temperature regime was fully observed, but the welding current was increased to 195 A, using exactly the same electrodes as before, evaporating any residual moisture after paint defectoscopy. No defects were found in the melting of the wing rail during subsequent observations.

Laboratory studies of melting of experienced VAE cores. For the experimental studies of smelting, the railway provided two previously used VAE cross cores, which were smelted in small sections separated by workshop conditions using different electrodes and currents.

Using the OK86.28 electrode (diameter – 4 mm, I = 155 A) in Sample 1, welding and melting were very successful. The electrodes were used dried and glued several times.

In Sample 2, the electrodes were pre-dried and annealed only once. Using the OK86.28 electrode (diameter – 4 mm, I = 155 A), the welding was even better than the first sample.

In sample 3, the UTP BMC electrode (diameter 4 mm, I = 160 A) was pre-dried and annealed several times before melting. There was an inclusion in the alloy, although the fusion of the molten layer was very good.

The current of sample 4 for the UTP BMC electrode with a diameter of 4 mm was increased to 165 A. An electrode that had only been dried and annealed was used. The core had no inclusions, the welding was successful.

By increasing the current to 180 A (electrode UTP BMC, diameter 4 mm), once the electrode was glued, the welding was very good without inclusions and cracks.

In all cases, the heating of the core did not exceed 200°C.

Conclusions of experienced VAE core melting. All core samples were fused with very good results under workshop conditions. Increasing the melting current improves the welding quality of the molten layer and the base layer. Although increasing the

current in this case also increases the heating, it is necessary to wait periodically for the core to cool during melting. Recommended current for electrodes OK 86.28 – from 38–40 A per 1 mm electrode diameter, UTP BMC – from 38.2–40.2 A per 1 mm electrode diameter. The hardness of the hammer-melted VAE core layer ranged from 512 to 580 HB. The electrode UTP BMC hardness was on average higher in all cases than 45–80 HB. The melt hardness of single glow electrodes was on average higher than 15–23 HB. Welding with higher seams using electrodes with a larger diameter of 4–5 mm will give better results than melting with thin and wider seams.

Laboratory studies of experienced VAE wing rail melting. In the RTU laboratory at the Department of Railway Engineering, the previously fused 7 wing rail samples provided by the railway were studied. Electrodes OK86.28, CNII4, UTP BMC were used, as well as the welding current was changed. The given electrodes did not give a good result, because according to the railway technical regulations they are intended only for melting of manganese cores [7].

For example, when welding the wing rail (sample 1) with Tubrodur semi-automatic powder wire OK 15.41 (diameter 1.6 mm, I = 105 A), the welding proved unsuccessful. This is explained by the fact that the melting was not carried out in a gaseous medium but in an atmospheric environment. At the melting limit, metallography showed large oxide and the like. inclusions of unacceptable harmful elements. The boundary between incomplete welding was visible between the fused and the base layer.

The wing rail sample 2, welded with an electrode OK83.28 (I = 140 A, electrode diameter 4 mm, heating temperature – 400°C), collapsed in the laboratory along the boundary between melting and base layer. Melting was better in some places, but it had a lot of inclusions.

Welding of the wing rail (sample 3) with manual fusion using the electrode UTP BMC, but a wide non-welding crack was visible for the coating layer of the electrode – OK74.78. Electrodes UTP BMC and OK74.78 do not mate with each other due to the molten material. UTP BMC is intended for high manganese steel (only for VAE core), but OK74.78 only as a base layer for rail melting [7].

When the CNII-4 electrode was applied by hand-melting, a crack was also visible between the welded layer and the base layer, but it was less pronounced than in the previous samples. There were even fewer inclusions in the molten layer than in the rail layer. CNII-4 electrodes (Russian production) are also intended only for melting high manganese steel.

The OK86.28 electrode was used in Sample 6. Welding was successful by completely welding the base layer and the molten layer. However, the electrode used is for melting manganese-containing steel [7].

The melting of the 7th sample with the UTP BMC electrode (diameter 4 mm, I = 160 A) was also welded cleanly, without porous inclusions and cracks. The fusible layer even turned out to be cleaner than the rail material.

### Conclusions

The average service life of the VAE crossover, including smelting, is 148 million. t gross. The melting of VAE crossings begins when the VAE crossing has reached an

average of 115 million. t gross. The average depth of the ground defect for the core and the wing rail [10] during the first melting is about 10 mm. Starting the restoration of switches with the melting method, the average time between meltings is 10 million. t gross, which, for example, in a section such as Jelgava – Krustpils on the main road at an average annual load of 37 mln. t gross / year, means that the VAE will withstand no more than 3.2 months on average. In the absolute majority of cases, one core and one wing rail were always melted in one day. And only in rare cases is fused only one of the elements, or all three - both the wing rails and the core. Before replacing the VAE cross, each cross is melted on average 4–5 times. In addition, 30 % of the time (i.e. almost a month before the regular melting) between the melting of the crossings on the main roads, the speed limit of 60–25 km / h is constantly applied, depending on the size of the damage. From the beginning of VAE operation, Jelgava operation part 4 crossings 1/11 have been replaced with crossings with moving flexible cores of the same manufacturer on the main roads. At the remaining 121 VAE crossing operation sites as of 15.03.2022. 98 crosses have never been fused, 6 of which have reached 165–215 million. t gross tonnage released. But 23 crosses have been melted, 12 of which have reached 155–205 million. t gross tonnage released.

The number of all VAE crossings in operation is heterogeneous by age groups. The sample included crosses of almost all depreciation levels in the range from 0 to 215 million. t gross.

When evaluating the defects of the fusible crosses, the average depth of the defect for the core and wing rail is approximately – 12 mm, the length of the grinding – 400–450 mm.

The average load of VAE in the operating part of Jelgava is 26 mln. t gross per year.

It is very important to keep the temperature of the fusible wing rail within the recommended temperature range of 385–400°C [8]. This criterion must be observed with particular caution in winter, as the wing rail loses heat rapidly. When using an electrode, the recommended current is 38–40 A per mm of electrode diameter. Welding depends on the technological performance of the welding work. The choice of an appropriate electrode for both the wing rail and the core is important [7].

#### REFERENCES

1 **Altbergs, T., Balckars, P., Eiduks, J.** u.c. Dzelzceļi. Vispārīgais kurss. – Rīga : v a/s «Latvijas dzelzceļš», 1996. – 279 p.

2 **Волошко, Ю. Д., Орловский, А. Н.** Как работают стрелочные переводы под поездами. – М. : Транспорт, 1987. – 120 с.

3 **Выноградов, А. А.** VII Международная научно – практическая конференция «TRANS-MECH-ART-CHEM». Труды. – М. : Московский государственный университет путей сообщения, 2010. – 422 с.

4 VAS «Latvijas dzelzceļš» 02.09.1999. apstiprināta Pārmiju pārvedu elementu defektu un bojājumu klasifikācija. Papildinājumi NTD-C-1-97; NTD-C-2-97; NTD-C-3-97. – Rīga : VAS «Latvijas Dzelzceļš» tipogrāfija, 1999. – 58 p.

5 VAS «Latvijas dzelzceļš» Infrastruktūras pārvaldes Sliežu ceļu uzturēšanas instrukcija. – Rīga : VAS «Latvijas Dzelzceļš» tipogrāfija, 1999. – 172 p.

6 **Яковлева, Т. Г., Шульга, В. Я, Амелин, С. В. и др.** Основы устройства и расчетов железнодорожного пути. – М. : Транспорт, 1990. – 367 с.

7 VAS «Latvijas dzelzceļš» Instrukcija par sliežu ar vietējiem defektiem atjaunošanu ar elektroloka uzkausēšanu, izmantojot metināšanas – uzkausēšanas. agregātu tipa «PALLAS-403SX» vai analogiski, C-013/28.01.1999.

8 Косвенные методы оценки свариваемости металлов [Electronic resource]. – Pieejams: [http://metalloved.com/spravochnik/svarochnye\\_raboty/kosvennye\\_metody/](http://metalloved.com/spravochnik/svarochnye_raboty/kosvennye_metody/)

9 **Glotovs, V., Makedons, V.** Ceļu distances «Defektoskopijas līdzekļu darba analīze 2011–2021, gadā». Valsts Akciju Sabiedrība «Latvijas Dzelzceļš». Latvija, Jelgava : 2019. – 1. – 104. p.

10 **Ivanovs, V., Gavrilovs, P.** Research of a Highly Defective Frog Core of Grade 1/9. Rural Development 2017 : Bioeconomy Challenges: The 8th International Scientific Conference: Conference Proceedingse – ISBN 978-609-449-128-3. ISSN 1822-3230. e-ISSN 2345-0916. 23.-24. novembris, 2017. – Aleksandras Stulginskis University, Lietuva, Kaunas 2018. – 266–271 p.

11 **Jagodkins, M.** Instrukcija C-010 Sliežu defekti, to pazīmes, klasifikācija, katalogs, marķēšana, un vilcienu kustības nosacījumi pa defektīvām un ļoti defektīvām sliedēm. Valsts Akciju Sabiedrība «Latvijas Dzelzceļš» Rīga : 2017. – 1. – 68. p.

12 **Ivanovs, V., Gavrilovs, P.** Research of the Defective Frog Wing of 1/11 Mark. Transport Problems. – ISSN 1896-0596. – e-ISSN 2300-861X. – doi:10.20858/tp.2017.12.4.12. 2017. – 119. – 126 p.

13 **Morozovs, I., Bondarenko, S.** VAS «Latvijas dzelzceļš» Pārmiju pārvedu ultraskaņas kontroles instrukcija C-048. – Rīgā, 2021. – 3–8 p.

14 **Makedons, V.** VAS «Latvijas Dzelzceļš» Sliežu ceļu pārvaldē. – Rīga : Gādā Atskaites no 2018–2021. – 5 p.

15 VAS «Latvijas Dzelzceļš» ZIŅU LAPA no 2019–2022 gada. – Rīgā, 3–40 p.

Material received on 17.03.22.

*\*П. Гаврилов<sup>1</sup>, В. Иванов<sup>2</sup>, Д. Горбачев<sup>3</sup>*

<sup>1,2,3</sup>Латвия, г. Рига.

Материал поступил в редакцию 17.03.22.

#### ИЗУЧЕНИЕ УЩЕРБА ОТ ПЕРЕКРЕСТНОГО ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ВАЕ

*В статье рассматриваются вопросы, связанные с надежностью железнодорожных стрелочных переводов. В частности, исследуется качество стали, используемой в элементах железнодорожных переводов. Латвийская железная дорога эксплуатирует более 1500 железнодорожных переездов профиля 60 E1. Согласно нормативной документации Железнодорожной администрации, запланированный ремонт перехода к основным дорогам будет проводиться с поперечным тоннажем более 450 миллионов тонн.*

Но в среднем, после общего прохождения 115 миллионов тонн, на переходах наблюдается размытие границ и трещины. После сварки соединение должно, в среднем, выдержать общую нагрузку не более 10 миллионов тонн. Сердцевина этих переходов полиметаллическая, состоящая из двухкомпонентной стали. Распятие изготовлено из стали марки 350 НТ с содержанием углерода 0,72–0,77 %. Поверхность толщиной около 20 мм изготовлена из стали Hadfield.

Ключевые слова: сталь, сталь Гэдфилда, электроды, ток, поперечный износ, кручения, порог искрообразования, размораживание отслоения, углеродный эквивалент.

\*П. Гаврилов<sup>1</sup>, В. Иванов<sup>2</sup>, Д. Горбачев<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Латвия, Рига қ.

Материал баспаға 17.03.22 түсті.

### VAE АЙҚАСПАЛЫ ТІЗБЕДЕН КЕЛТІРІЛГЕН ЗИЯНДЫ ЗЕРТТЕУ

Мақалада теміржол бағыттамалы бұрмалардың сенімділігіне байланысты мәселелер қарастырылады. Атап айтқанда, теміржол аударма элементтерінде қолданылатын Болаттың сапасы зерттеледі. Латвия темір жолы 1500 E60 Профильді теміржол өткелдерін пайдаланады. Темір жол әкімшілігінің нормативтік құжаттамасына сәйкес негізгі жолдарға көшуді жоспарланған жөндеу кәденең тоннажбен 450 миллион тоннадан астам жүргізілетін болады.

Бірақ орташа алғанда, жалпы 115 миллион тонна өткеннен кейін, өткелдерде бұлыңғыр шекаралар мен жарықтар байқалады. Дәнекерлеуден кейін қосылыс орташа есеппен 10 миллион тоннадан аспайтын жалпы жүктемеге төтеп беруі керек. Бұл отулердің өзегі екі компонентті болаттан тұратын полиметалл болып табылады. Айқыш 350–0,72 % көміртегі бар НТ маркалы болаттан жасалған. Қалыңдығы шамамен 20 мм беті Hadfield болаттан жасалған.

Кілтті сөздер: Болат, Гэдфилд болаты, электродтар, ток, кәденең, тозу, бұралу, ұшқын шегі, қабыршақтану, көміртегі эквиваленті.

МРНТИ 73.31.41

<https://doi.org/10.48081/WTHQ5642>

\*Р. Ю. Зарипов<sup>1</sup>, Н. С. Сембаев<sup>2</sup>, Ә. С. Машим<sup>3</sup>, Б. С. Калияшев<sup>4</sup>,  
Э. Р. Абильдинов<sup>5</sup>

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

### РАЗРАБОТКА УЧЕБНОГО СТЕНДА ДИАГНОСТИКИ РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ И ПОДВЕСКИ АВТОМОБИЛЯ

В данной работе рассматривается вопрос диагностики рулевого управления и подвески легкового автомобиля в условиях учебной лаборатории с целью проведения научно-исследовательских работ обучающимися. Модернизации и обновлению комплекса учебного оборудования выполняется с целью изучения обучающимися конструкции, принципа работы и диагностики узлов автомобилей. В качестве базы для сборки учебного стенда выбрана передняя подвеска с рулевым управлением автомобиля Ford Scorpio. Система рулевого управления данного автомобиля имеет реечную рулевую передачу. Независимая подвеска передних колес состоит из поперечных рычагов, стоек Макферсона с винтовыми пружинами и телескопическими газонаполненными амортизаторами, а также стабилизатора поперечной устойчивости.

На разрабатываемом стенде в учебных целях планируется проводить лабораторные и практические работы по определению люфта рулевого колеса, работы гидроусилителя, развал-схождения ходовой части автомобиля, имитации и исследований влияния качества дорожного покрытия на надежность подвески и рулевого механизма. Определены основные компоненты для сборки учебного лабораторного стенда.

На данном этапе установлены группы параметров, которые должны диагностироваться на разрабатываемом стенде. Отражены материалы, используемые на первоначальном этапе работы в рамках комплексной магистерской диссертации.

Ключевые слова: рулевое управление, подвеска, люфт, гидравлический усилитель, стенд, диагностика.

### Введение

Одними из значимых факторов процесса обучения являются образовательные технологии, состояние материально-технической базы и материально-техническое обеспечение учебных заведений. Для эффективного оказания образовательной услуги вуз должен обладать необходимой материально-технической базой, отвечающей современному уровню развития производительных сил. Оснащение вуза должно учитывать развитие научно-технического прогресса, возможность опережающей подготовки кадров [1].

Из выступления Главы государства Касым-Жомарта Токаева на заседании Мажилиса Парламента Республики Казахстан 11 января 2022 года [2] считаем

необходимым выделить следующее: «...приоритет нужно отдать техническим профессиям. Предстоит взрастить новое поколение инженеров, промышленников». Для достижения этих целей помимо прочего необходимо качественное обновление материально-технической базы с высоким объемом финансирования. Помимо государственных программ модернизация базы ВУЗами может производиться самостоятельно.

На факультете инженерии НАО «Торайгыров университет» ведётся работа по модернизации и обновлению комплекса учебного оборудования для изучения студентами конструкции, принципа работы и диагностики узлов автомобилей.

#### Материалы и методы

В качестве базы для сборки учебного стенда выбрана передняя подвеска с рулевым управлением автомобиля Ford Scorpio. Система рулевого управления данного автомобиля имеет реечную рулевую передачу (Рисунок 1). Безопасная рулевая колонка имеет состоящий из двух частей вал рулевого колеса с крестообразным шарниром, а также деформируемым кожухом вала, закрепленным под передней панелью и сжимаемым в случае лобового столкновения.

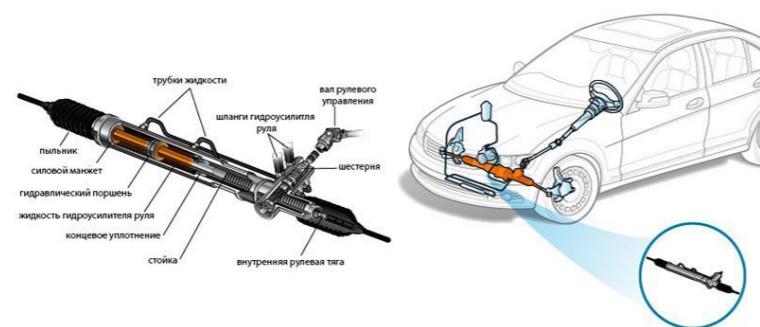


Рисунок 1 – Рулевое управление Ford Scorpio

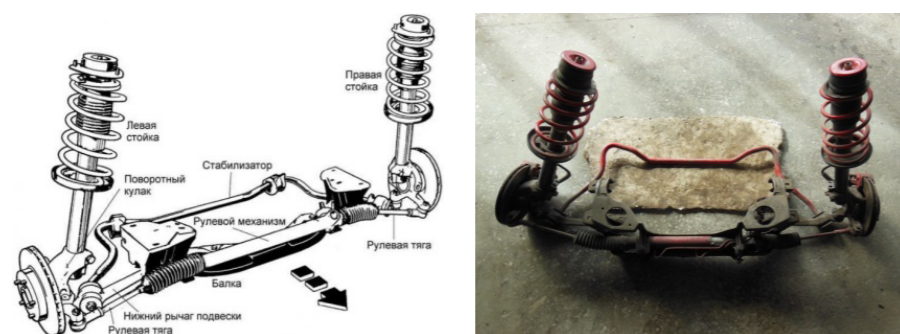


Рисунок 2 – Передняя подвеска Ford Scorpio

Независимая подвеска передних колес (Рисунок 2) состоит из поперечных рычагов, стоек Макферсона с винтовыми пружинами и телескопическими газонаполненными амортизаторами, а также стабилизатора поперечной устойчивости.

Обе амортизационные стойки связаны с кузовом и поворотными кулаками болтами. Поворотные кулаки направляются поперечными рычагами из алюминия,

которые связаны с балкой передней подвески. Балка через гидропоры связана болтами с днищем автомобиля.

Подвеска МакФерсон (McPherson) является самым распространенным видом независимой подвески, который применяется на передней оси автомобиля. По своей конструкции подвеска МакФерсон является развитием подвески на двойных поперечных рычагах, в которой верхний поперечный рычаг заменен на амортизаторную стойку.

Подвеска МакФерсон (Рисунок 3) имеет следующее устройство [3]:

- подрамник;
- поперечный рычаг;
- поворотный кулак;
- амортизаторная стойка;
- стабилизатор поперечной устойчивости.

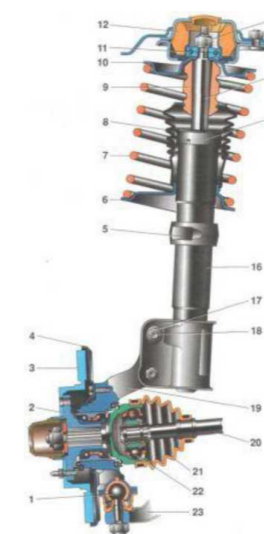


Рисунок 3 – Схема подвески МакФерсон:

- 1 – шаровая опора; 2 – ступица; 3 – тормозной диск; 4 – защитный кожух;
- 5 – поворотный рычаг; 6 – нижняя опорная чашка; 7 – пружина подвески;
- 8 – защитный чехол телескопической стойки; 9 – буфер сжатия;
- 10 – верхняя опорная чашка; 11 – подшипник верхней опоры;
- 12 – верхняя опора стойки; 13 – гайка штока; 14 – шток; 15 – опора буфера сжатия;
- 16 – телескопическая стойка; 17 – гайка; 18 – эксцентриковый болт;
- 19 – поворотный кулак; 20 – вал привода переднего колеса; 21 – защитный чехол шарнира;
- 22 – наружный шарнир вала; 23 – нижний рычаг

Общую проверку технического состояния рулевого управления производят по суммарной величине люфта и усилию, необходимому для поворота рулевого колеса. Суммарная величина люфтов рулевого колеса складывается из величины люфтов в подшипниках ступиц передних колес и соединениях (шкворневых, шарнирных рулевых тяг, рычагов и элементов рулевого механизма) [4].

Инструментальные проверки рулевого управления. При необходимости или для контроля выполняют общую проверку рулевого управления с помощью специального оборудования – люфтомеров. Наиболее широкое распространение получили люфтомер механический К 524 (рисунок 4) и электронный ИСЛ-401 (Россия).

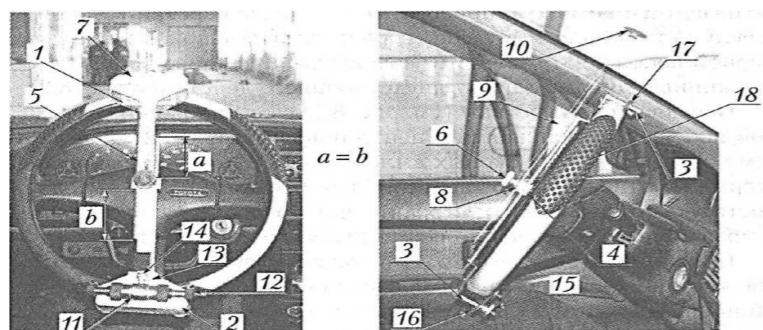


Рисунок 4 – Общий вид механического люфтомера К 524:

- 1,2 – раздвижные кронштейны соответственно верхний и нижний;  
 3 – упоры кронштейнов; 4 – передвижная каретка; 5 – стержень направляющий; 6 – зажим каретки; 7 – шкала угломерная;  
 8 – шайба фрикционная; 9 – нить резиновая; 10 – присос;  
 11 – пружинный динамометр; 12 – цапфа установочная;  
 13 – кронштейн динамометра; 14 – винт стопорный;  
 15 – вороток прижима; 16 – прижим; 17 – кольцо поджимное;  
 18 – рулевое колесо.

Метод измерения суммарного люфта рулевого управления заключается в определении угла поворота рулевого колеса по угловой шкале люфтомера между двумя фиксированными положениями, определяемыми приложением к нагрузочному устройству поочередно в обоих направлениях одинаковых усилий, регламентируемых в зависимости от собственной массы автомобиля, приходящейся на управляемые колеса.

Вопросами диагностики рулевого управления и подвески автомобиля занимались в работах зарубежных ученых [5–6].

Разрабатываемый авторами стенд включает в себя две совершенно разные системы, предназначенные для независимого диагностирования рулевых механизмов с гидравлическим усилителем и подвески автомобиля. Благодаря такому разделению на стенде есть возможность испытания отдельно взятых компонентов.

В первой подсистеме реализована возможность для испытания гидравлического усилителя рулевого управления и люфта в рулевом колесе. Для проведения диагностики изделие подключают к напорной гидравлической линии, для контроля уровня давления и потока жидкости при испытаниях в подсистеме используются запирающие и регулирующие элементы, чтобы определить полный ход золотника распределителя. Данная подсистема позволяет определять также наличие внешних утечек рабочей жидкости, а также фиксирует внутренние утечки.

Вторая подсистема предназначена для диагностики развал-схождения колес. Это подсистема включает в себя проверку и настройку следующих параметров:

- Развала – угла наклона колеса по отношению к дороге;
- Схождения – угла расположения колес по отношению к направлению движения;
- Кастера – угла расположения оси поворота.

Единицами измерения углов расположения колес являются градусы и минуты (один градус содержит шестьдесят минут).

Вся информация, полученная в процессе диагностики на этом данном стенде позволит судить о работоспособности в целом всей передней подвески. Подобные стенды разрабатывались ранее, их параметры изучены в работах [7–9].

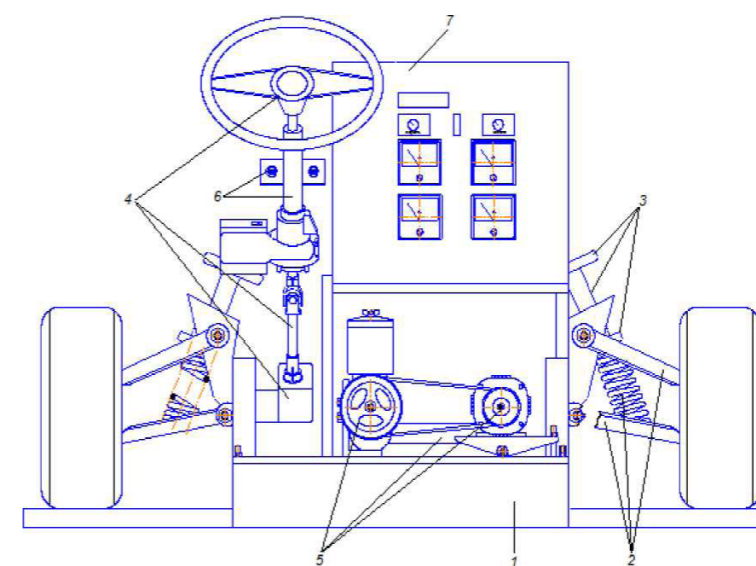


Рисунок 6 – Предполагаемый общий вид стенда

Стенд для испытания рулевого управления состоит из следующих частей:

- Рама, изготовленная из балок профильного сечения, на которой монтируются все компоненты, и механизмы нужные для того, чтобы стенд функционировал.
- Узлы передней подвески транспортного средства компоновки Форд, которые прикрепляются к раме испытательного стенда.
- Нагрузочные элементы включающие в себя винты со штоками. Также при их помощи прикладывается нагрузка на колеса.
- Рулевое управление транспортного средства заднеприводной компоновки, состоящее из рулевого механизма, рулевого вала, рулевого колеса и рулевой трапеции.
- Гидравлический усилитель, в состав которого входят силовой цилиндр, распределитель, гидронасос и электродвигатель. Корпус силового цилиндра фиксируется на раме испытательного стенда, его шток с помощью шарнира совмещен с поперечной тягой. Гидронасос фиксируется на раме и приводится в движение посредством электродвигателя, который тоже монтируется на раме стенда.



- Электрическая схема измерений, состоящая из блока питания, усилителя, измерительно-регистрирующей аппаратуры для измерения люфта рулевого колеса и управляемых колес на приборной доске.

**Результаты и обсуждение**

Определение расчетных режимов и выходных параметров стенда. В процессе эксплуатации автомобиля максимальные нагрузки в рулевом управлении реализуются в нескольких ситуациях [3, 5], которые можно воссоздать, используя предложенный стенд (Таблица 1).

Таблица 1 – Описание расчетных случаев нагружения рулевого управления совместно с независимой подвеской

Расчетный случай*	Положение колес**	Момент, развиваемый рулевым механизмом
Упор левого колеса в препятствие с максимальной силой на рулевом колесе	Правое колесо вывешено, левое - на ходе сжатия подвески	Максимальный положительный
		Максимальный отрицательный
Упор правого колеса в бордюр с максимальной силой на рулевом колесе	Левое колесо вывешено, правое - на ходе сжатия подвески	Максимальный положительный
		Максимальный отрицательный

\*Положение колес произвольно

\*\* Колеса поворачиваются с постоянной скоростью по закону управления.

В стенде описанные выше расчетные режимы задаются системой сил и моментов, действующих на колесо и рулевую сошку, а угол поворота колес и положение тяг и шарниров рулевого механизма задаются принудительным углом поворота опорной площадки. Детали рулевого управления нагружены моментом, приложенным на рулевой сошке (Рисунок 7). Элементы подвески нагружены вертикальной нагрузкой в пятне контакта колес с опорной поверхностью [10]. Силы, действующие в рулевых тягах, могут дополнительно нагружать подвеску автомобиля или разгружать ее в зависимости от знака приложенного момента [11].

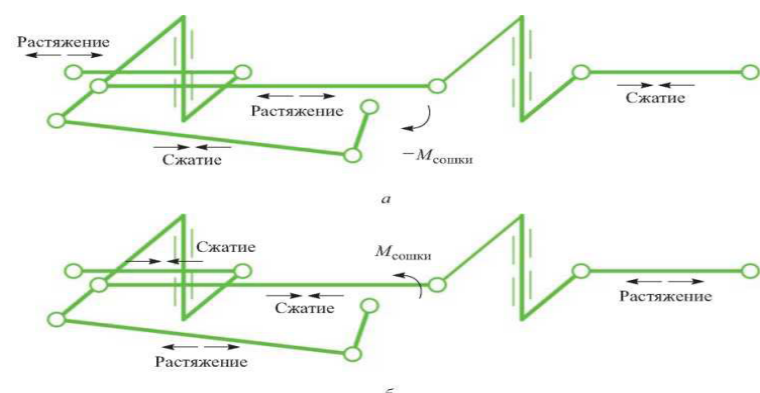


Рисунок 7 – Расчетная схема рулевого управления

Усилитель рулевого управления испытывается на стенде в лабораторных условиях или на автомобиле в условиях эксплуатации.

В соответствии с установленными оценочными параметрами и критериями определяют его характеристики. Отдельные элементы усилителей можно испытывать на том же комплексном стенде, что и усилитель в сборе, или на специальных стендах. Отдельные испытания производят при помощи специальных приборов и устройств.

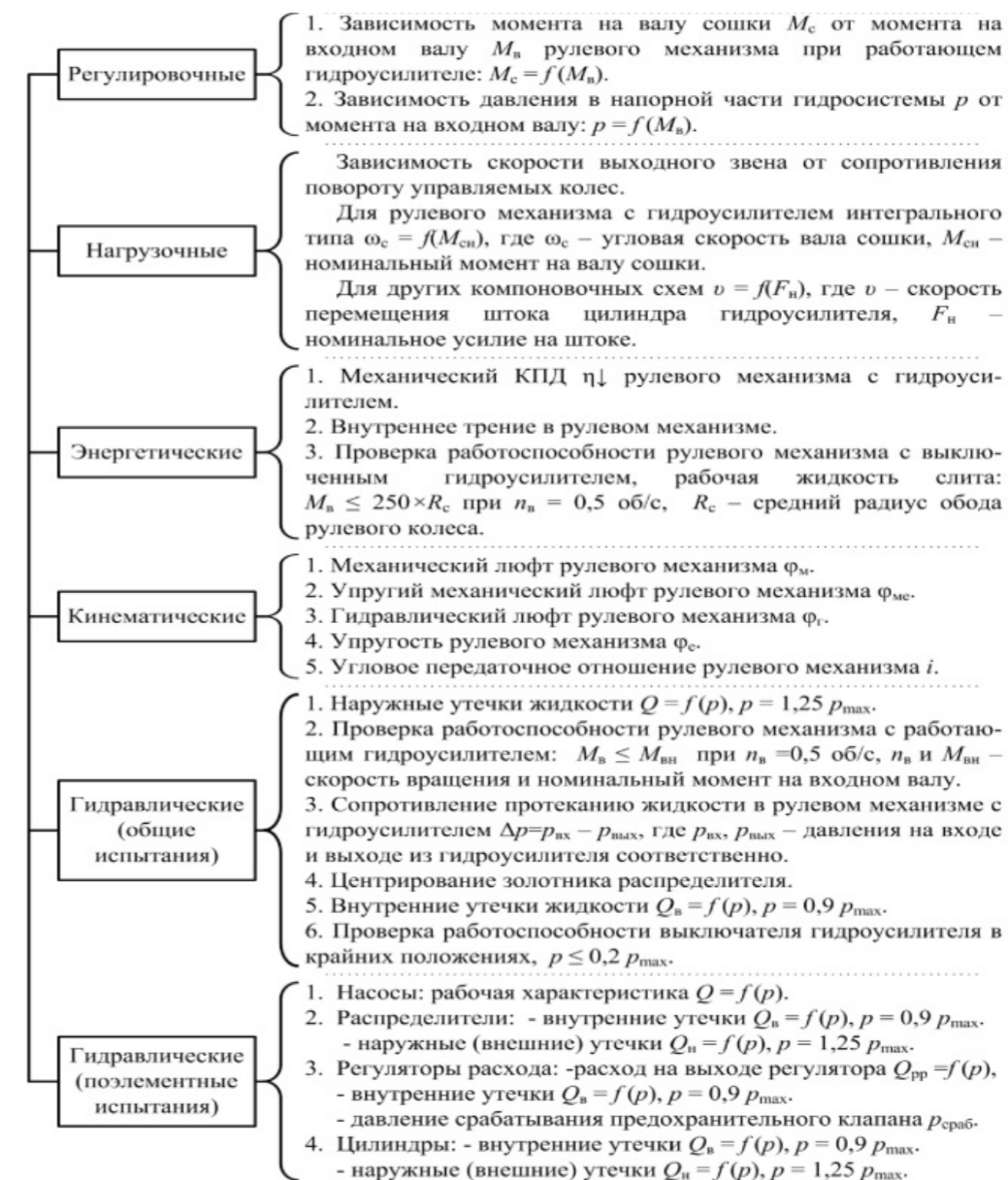


Рисунок 8 – Экспериментально определяемые параметры и характеристики рулевого механизма с гидравлическим усилителем

В соответствии с правилами, требованиями стандартов, регламентирующими порядок проведения испытаний, разрабатываемый стенд должен позволять экспериментально определить параметры и характеристики, показанные на рисунке 8. Для выполнения этих требований необходимо разработать дополнительные механизмы имитации дорожных условий.

#### Выводы

На основании изложенного можно сделать следующие выводы:

- в качестве базового узла – передней подвески с рулевым управлением для создания учебного стенда целесообразно выбрать подвеску независимую подвеску со стойками МакФерсон с гидравлическим усилителем рулевого управления;
- стенд является универсальным – это означает, что в нем реализована возможность испытаний рулевых механизмов с гидравлическими усилителями, выполненными по всем известным компоновочным схемам (интегральной, наполовину интегральной и нейтральной)
- стенд дает возможность проведения комплекса работ по изучению, диагностике и ремонту подвески и рулевого управления автомобиля.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Конова, Т. А., Антропов, В. А.** Организация материально-технического обеспечения образовательных учреждений высшего профессионального образования // Вестник УРФУ, серия Экономика и управление. – 2011. – № 6. – С. 162–173.
- 2 Из выступления Главы Государства на заседании мажилиса парламента РК: информационный портал. [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <http://www.inform.kz>. – 2022. – 1 с.
- 3 Подвеска МакФерсон (McPherson): информационный портал [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <http://systemsauto.ru>. – 2022. – 1 с.
- 4 **Вахламов, В. К.** Автомобили : Основы конструкции: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство» направления подготовки дипломированных специалистов «Эксплуатация наземного транспорта и транспортного оборудования» / В. К. Вахламов. – 5-е изд., стер. – М. : Академия, 2010. – 527 с.
- 5 **Malge Sangeeta Ganesh, G. P. Patil, N. A. Kharche.** Performance of the Structural Analysis of Ford Car Steering Rod // International Journal of Research in Advent Technology. – Vol .2. – No. 2. – 2014, February
- 6 **Ratko Menjak, Karen A. Boswell, Sainan Feng, James P. Kelly, Brian J. Magnus, Wayne M. Steverson,** «Collapsible steering column assembly». Publication number: US7455321 B2, Patents/US7455321
- 7 **Денисов, И. В.** Методика поэлементного диагностирования рулевого управления с реечным механизмом / Ю. В. Баженов, И. В. Денисов // Автотранспортное предприятие. – 2007. – № 7. – С. 42-45.

8 **Евглевский, Р. О., Лаврентьев, В. П.** Исследования и внедрение в учебный процесс стенда рулевого управления современного грузового автомобиля // Сборник статей по материалам XI Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 95-летию Кубанского ГАУ и 80-летию со дня образования Краснодарского края.

9 **Новиков, А. Н., Тебекин, М. Д., Катунин, А. А.** Гидравлический привод стенда для испытания элементов передней подвески легковых автомобилей/ Материалы II Международной научно-практической конференции Актуальные вопросы инновационного развития транспортного комплекса, 2012.

10 **Вдовин, Д. С., Чичекин, И. В., Поздняков, Т. Д.** Виртуальный стенд для определения нагрузок на рулевое управление автомобиля // Инженерный журнал : «Наука и инновации». – № 8. – 2017.

11 **Вдовин Д. С.** Расчет нагрузок на звенья независимой подвески ходовой части автомобиля 8×8 с использованием NX Motion // Сб. тр. секции «Автомобили и тракторы» 85-й Междунар. науч.-техн. конф. «Будущее автомобилестроения в России». Ассоциация автомобильных инженеров, Университет машиностроения (МАМИ). – М. 2014, С. 2–6.

#### REFERENCES

- 1 **Konova, T. A., Antropov, V. A.** Organizatsiia materialno-tehnicheskogo obespecheniia obrazovatelnyh ýchrejdenni vysshego professionalnogo obrazovaniia // Vestnik ÝRFÝ, seriiia Ekonomika i ýpravlenie. – 2011. – № 6. – P. 162–173.
- 2 Iz vystýpleniia Glavy Gosýdarstva na zasedanii majilisa parlamenta RK: informatsionnyi portal. [Electronic resource]. – Rejim dostýpa. – URL: <http://www.inform.kz>. – 2022. – 1 с.
- 3 Podveska MakFerson (McPherson): informatsionnyi portal. [Electronic resource] – Rejim dostupa. – URL: <http://systemsauto.ru>, 2022. – 1 с.
- 4 **Vahlamov, V. K.** Avtomobili : Osnovy konstrýktsii: ýchebnik dlia stýdentov vysshih ýchebnyh zavedenii, obýchaiýihsia po spetsialnosti «Avtomobili i avtomobilnoe hoziaistvo» napravleniia podgotovki diplomirovannyh spetsialistov «Eksplýatatsiia nazemnogo transporta i transportnogo oborýdovaniia» / V. K. Vahlamov. – 5-e izd., ster. – M. : Akademiia, 2010. – 527 p.
- 5 **Malge Sangeeta Ganesh, G. P. Patil, N. A. Kharche** Performance of the Structural Analysis of Ford Car Steering Rod // International Journal of Research in Advent Technology, Vol.2, No.2, February 2014
- 6 **Ratko Menjak, Karen A. Boswell, Sainan Feng, James P. Kelly, Brian J. Magnus, Wayne M. Steverson** «Collapsible steering column assembly». Publication number: US7455321 B2. patents/US7455321.
- 7 **Denisov, I. V.** Metodika poelementnogo diagnostirovaniia rýlevogo ýpravleniia s reechnym mehanizmom. / Iý. V. Bajenov, I. V. Denisov // Avtotransportnoe predpriiatie. – 2007 – № 7. – P. 42–45.

8 **Evglevskii, R. O., Lavrentev, V. P.** Issledovaniia i vnedrenie v ýchebnyi protsess stenda rýlevogo úpravleniia sovremennogo grýzovogo avtomobilia // Sbornik statei po materialam NI Vserossiiskoi konferentsii molodyh ýchenykh, posviaennoi 95-letiiy Kúbanksogo GAÝ i 80-letiiy so dnia obrazovaniia Krasnodarskogo kraia.

9 **Novikov, A.N., Tebekin, M.D., Katýnin, A.A.** Gidravlicheskii privod stenda dlia ispytaniia elementov przednei podveski legkovykh avtomobilei // Materialy II Mejdýnarodnoi naýchno-prakticheskoi konferentsii Aktýalnye voprosy innovatsionnogo razvitiia transportnogo kompleksa, 2012.

10 **Vdovin, D. S., Chichekin, I. V., Pozdniakov, T. D.** Virtýalnyi stand dlia opredeleniia nagrýzok na rulevoe upravlenie avtomobilia // Injenernyi jýrnal : «Naýka i innovatsii». – № 8. – 2017.

11 **Vdovin D. S.** Raschet nagrýzok na zvenia nezavisimoi podveski hodovoi chasti avtomobilia 8×8 s ispolzovaniem NX Motion // Sb. tr. seksii «Avtomobili i traktory» 85-i Mejdýnar. naých.-tehn. konf. «Býdýee avtomobilstroeniia v Rossii». Assotsiatsiia avtomobilnykh injenerov, Ýniversitet mashinostroeniia (MAMI). Moscow. 2014. – P. 2–6.

Материал поступил в редакцию 17.03.22.

**\*Р. Ю. Зарипов<sup>1</sup>, Н. С. Сембаев<sup>2</sup>, Ә. Мәшім А<sup>3</sup>, Қалияшев Б. С<sup>4</sup>,  
Э. Д. Абильдинов<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3,4,5</sup>Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.  
Материал баспаға 17.03.22 түсті.

#### АВТОМОБИЛЬДІҢ РУЛЬДІК БАСҚАРУЫ МЕН АСПАСЫН ДИАГНОСТИКАЛАУ ОҚУ ҚОНДЫРҒЫСЫН ЖОБАЛАУ

Бұл жұмыста білім алушылардың ғылыми-зерттеу жұмыстарын жүргізу мақсатында оқу зертханасы жағдайында жеңіл автомобильдің рульдік басқару мен аспасын диагностикалау мәселесі қарастырылады. Оқу жабдықтары кешенін жаңғырту және жаңарту білім алушылардың автомобиль тораптарының құрылысын, жұмыс принципін және диагностикасын зерделеу мақсатында орындалады. Оқу қондырғысын құрастыру үшін негіз ретінде Ford Scorpio автомобилінің алдыңғы рульдік аспасы таңдалды. Бұл автомобильдің рульдік басқаруы рейка рульдік беріліске ие. Алдыңғы доңғалақтардың тәуелсіз аспасы көлденең иіндерден, бұрандалы серіппелі Макферсон тіректерінен және телескопиялық газбен толтырылған амортизаторлардан, сондай-ақ тұрақтандырығыштан тұрады.

Әзірленіп жатқан қондырғыда оқу мақсатында руль дөңгелегінің люфтын, гидравликалық күшейткіштің жұмысын, автомобильдің жүріс бөлігінің құлауын анықтау, жол беті сапасының аспа мен руль механизмінің сенімділігіне әсерін модельдеу және зерттеу бойынша зертханалық және тәжірибелік жұмыстар жүргізу жоспарлануда. Оқу зертханалық қондырғысын құрастырудың негізгі компоненттері анықталды.

*Осы кезеңде әзірленіп жатқан қондырғыда диагностикалануы тиіс параметрлер топтары белгіленді. Кешенді магистрлік диссертация аясында жұмыстың бастапқы кезеңінде қолданылатын материалдар көрсетілген.*

*Кілтті сөздер: рульдік басқару, аспа, люфт, гидравликалық күшейткіш, стэнд, диагностика.*

**\*R. Y. Zaripov<sup>1</sup>, N. S. Sembaev<sup>2</sup>, A. S. Mashim<sup>3</sup>, B. S. Kaliyashev<sup>4</sup>  
E. R. Abildinov<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3,4,5</sup>Toraighyrov University,  
Republic of Kazakhstan, Pavlodar.  
Material received on 17.03.22.

#### DEVELOPMENT OF A TRAINING STAND FOR VEHICLE STEERING AND SUSPENSION DIAGNOSTICS

*In this paper, the issue of diagnostics of steering and suspension of a passenger car in the conditions of a training laboratory for the purpose of conducting research by students is considered. Modernization and updating of the complex of educational equipment is carried out in order to study the design, principle of operation and diagnostics of car components by students. The front suspension with steering control of the Ford Scorpio car was chosen as the base for the assembly of the training stand. The steering system of this car has a rack-and-pinion steering gear. The independent suspension of the front wheels consists of wishbones, MacPherson struts with helical springs and telescopic gas-filled shock absorbers, as well as a stabilizer bar.*

*Laboratory and practical work is planned to be carried out on the developed stand for educational purposes to determine the steering wheel backlash, the operation of the power steering, the camber of the chassis of the car, simulation and research of the influence of the quality of the road surface on the reliability of the suspension and steering mechanism. The main components for the assembly of the educational laboratory stand are determined.*

*At this stage, groups of parameters have been established that should be diagnosed at the stand being developed. The materials used at the initial stage of work within the framework of a comprehensive master's thesis are reflected.*

*Keywords: steering, suspension, backlash, hydraulic booster, stand, diagnostics.*

**\*А. Нұржауов**

Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

**АВТОМОБИЛЬДІҢ ҚАРҚЫНДЫ ҚОЗҒАЛЫСЫН ЗЕРТТЕУ**

*Автомобильдің тартушылық-жылдамдық қасиеттері бірнеше көрсеткіштерімен бағаланады. «Автокөлік құралдары. Жылдамдық сапалары» атты Мемлекеттік стандартында автомобильдің жылдамдық қасиеттерінің максимал жылдамдығы, белгілі жол бетімен қозғалғандағы қарқынды қозғалысының уақыты, белгіленген жылдамдыққа дейінгі қарқындауының уақыты секілді көрсеткіштерін және қарқынды қозғалысы мен қозғалыстан екпінімен шығуының сипаттамасын салып шығудың тәжірибе жолымен анықтаудың тәсілдері анықталып жазылған. Сонымен қатар, автомобильдің жылдамдықты тез өсіру қабілеті (приемистость) оның тартушылық-жылдамдық қасиеттерін бағалайтын негізгі көрсеткіштерінің бірі болып табылады. Ал, автомобильдің «қарқындап қозғалып келіп, екпінімен қозғалыстан шығуының (разгон-выбег) сипаттамасы» оның жылдамдықты тез өсіру қабілетінің сипаттамасы болып табылады. Оның осы сипаттамасы арқылы автомобильдің берілістерін өзгерте отырып, сатылап қарқынды қозғалысын, қарқынды қозғалысының жолының ұзындығын, белгіленген жол бетінің учаскесіндегі белгіленген жылдамдыққа дейінгі қарқынды қозғалысының уақытын және т.б. анықтап алуға болады. Арнайы әдебиет көздерінде автомобильдің тартушылық-жылдамдық қасиеттерінің көрсеткіштерін анықтаудың теориялық жолдары баяндалған. Бірақ, авторлардың айтуынша, бұл көрсеткіштерді теориялық жолмен анықтауды тек сандық тәсілдерді қолданып, ЭЕМ жәрдемімен ғана орындауға болады деп түжырымдалған. Мақалада автомобильдің орнынан жылжып, қарқынды қозғалысы сипаттамасының көрсеткіштерін аналитик жолмен анықтаудың теориялық жолдары негізделіп баяндалды, процестің теңдеулері құрылды және оның параметрлерін анықтайтын формулалары жазылып шығарылды. Баяндалған теориялық зерттеудің дұрыстығын дәлелдейтін есептеулер орындалды.*

*Кілтті сөздер: автомобильдің максимал жылдамдығы, қарқынды қозғалысының уақыты, тартушылық-жылдамдық қасиеттері, қарқындаудың жылдамдық сипаттамасы, тарту күші балансы, динамикалық фактор.*

**Кіріспе**

Автомобильдің қарқынды қозғалысының сипаттамасы деп қозғалыс жылдамдығының және қарқынды қозғалысының уақытының оның жол ұзындығынан тәуелділігін көрсететін қисық сызықтар графигін айтады. Сол секілді, автомобильдің қарқындап қозғалып келіп, екпінімен қозғалыстан шығуының сипаттамасы деп оның жылдамдығының, қозғалыстан шығуының

уақытының жолы ұзындығынан тәуелділігін көрсететін қисық сызықтар графигін айтады [1–3]. Автомобильдің қарқынды қозғалысы және одан шығуы асфальтті-бетонды тегіс жол бетінде орындалып, сыналады. Ол үшін автомобильді төменгі беріліс сатысынан жоғарғыларына біртіндеп өткізе отырып, белгіленген ақтық жылдамдыққа жеткенше қозғалыста болғызады да, содан кейін берілісін ағытып тастап, автомобиль тоқтағанға дейін өзінің инерциясымен жүргізеді. Әдетте, қарқынды қозғалыстың ақтық жылдамдығы, демек, қозғалыстан шығуының бастапқы жылдамдығы 100 км/сағ-қа (27,8 м/с) тең болсын деп қабылданады [4–7].

**Материалдар мен әдістер**

Зерттеуді жеке автомобиль қозғалысына қатысты орындаймыз. Автомобильдің қарқынды қозғалысының және қозғалыстан шығуының өздеріне сәйкесті тарту күші балансы теңдеулерін төменгі түрде жазып шығамыз:

$$\left. \begin{aligned} F_k &= \psi G_a + F_b + \frac{\delta_k G_a}{g} \cdot \frac{dv_a}{dt}; \\ -\frac{\delta_b G_a}{g} \cdot \frac{dv_b}{dt} &= \psi \delta_b G_a + F_b. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

мұндағы  $G_a$  – автомобильдің салмағы;

$F_k$  – жанама (шеңберлік) тарту күші;

$F_b$  – ауа кедергісінің күші;

$g$  – салмақ күшінің үдеуі;

$t$  – уақыт;

$\psi$  – жол беті кедергісінің келтірілген коэффициенті;

$\delta_k$  – автомобильдің -ші сатысы іске қосылғандағы қозғалысы кезінде айналушы массаларын есепке алу коэффициенті;

$\delta_b$  – қозғалыстан өз екпінімен шығу кезінде автомобильдің (көліктік машинаның) айналыстағы массаларын есепке алу коэффициенті.

Бұдан әрі қарай автомобильдің (көліктік машинаның) өзінің екпінімен қозғалыстан шығуы қозғалысына қатысты параметрлерінің өздеріне сәйкесті әріпті белгілемелеріне «b» индексін бекітіп беріп отыратын боламыз [8–12].

Қалыптаспаған жұмыс режимі (қарқындап, немесе бәсеңдеп қозғалуы) кезінде қозғауыш моментінің төмендеуі мардымсыз кішкене болуын ескере отырып,  $\delta_k$  және  $\delta_b$  коэффициенттерінің мәндерін төмендегі формулаларды қолданып, анықтаймыз:

$$\left. \begin{aligned} \delta_k &= 1 + \sigma_1 + \sigma_2 i_{kn,k}^2; \\ \delta_b &= 1 + \sigma_1. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

мұндағы  $i_{kn,k}$  – k-шы сатысы қосылғандағы беріліс қорабының беріліс саны;

$\sigma_1$  и  $\sigma_2$  и – коэффициенттер.  $\sigma_1=0,03...0,05$ ;  $\sigma_2=0,04...0,06$ .

(1) теңдеуінен автомобильдің қарқынды қозғалысының үдеуін

$$\frac{dv_a}{dt} = g(D - \psi) \quad (3)$$

түрінде табамыз. Мұндағы  $D=(F_k - F_b)/\delta_k G_a$  – динамикалық фактор (айналыстағы массалар назарға алынған).

Теориялық зерттеуді әрі қарай жалғастыру мақсатында және іштен жанушы қозғауыштардың жылдамдық сипаттамаларын шамалап салып шығу үшін параметрлер арасындағы қарым-қатынастарды көрсететін төмендегі белгілі теңдеулерді қолданамыз:

$$P_{\partial} = P_{\partial.max} \left[ a \frac{\omega_{\partial}}{\omega_p} + b \left( \frac{\omega_{\partial}}{\omega_p} \right)^2 - c \left( \frac{\omega_{\partial}}{\omega_p} \right)^3 \right] \quad (4)$$

$$M_{\partial} = M_p \left[ a + b \frac{\omega_{\partial}}{\omega_p} - c \left( \frac{\omega_{\partial}}{\omega_p} \right)^2 \right] \quad (5)$$

$$F_k = \frac{M_{\partial} i_{\tau} \eta_{mr}}{r_{\partial}} \quad (6)$$

$$F_b = k_b A v_a^2 \quad (7)$$

мұндағы  $a, b, c$  – мәндері қозғауыштың (мотордың) түрі мен құрылысына тәуелді болатын коэффициенттер;

$P_{\partial.max}$  – қозғауыштың максимал қуаты;

$P_{\partial}$  және  $\omega_{\partial}$  – қозғауыштың қуатының және білігінің айналыс жылдамдығының ағымдағы мәндері;

$M_p$  және  $\omega_p$  – қозғауыштың максимал қуатына сәйкес болған моменті және білігінің айналыс жылдамдығы;

$r_{\partial}$  – автомобильдің жетекші доңғалағының динамикалық радиусы;

$A$  – автомобильдің маңдай алды ауданы;

$i_{\tau}$  – трансмиссияның беріліс саны;

$\eta_{mr}$  – трансмиссияның ПӘК;

$k_b$  – ауа кедергісінің коэффициенті.

Қозғауыштың сыртқы сипаттамасының қисықсызықтарының арасында мынадай байланыстар бар:

$\omega_{\partial} = \omega_p$  болғанда,  $P_{\partial} = P_{\partial.max}$  болады;

$\omega_{\partial} = \omega_p$  болғанда,  $P_{\partial}(\omega_{\partial})$  функциясы экстремумға ие болады, яғни  $\frac{dP_{\partial}}{d\omega_{\partial}} = 0$

$\omega_{\partial} = \omega_{M.max}$  болғанда,  $M_{\partial}(\omega_{\partial})$  функциясы экстремумға ие болады, яғни  $\frac{dM_{\partial}}{d\omega_{\partial}} = 0$

Бұл өрнектердегі  $\omega_{M.max}$  қозғауыштың максимал  $M_{\partial.max}$  моментіне сәйкес болатын қозғауыш білігінің айналысының бұрыштық жылдамдығы.

Бұл соңғыларының сан мәндері автомобильдің және қозғауышының техникалық сипаттамаларында белгіленіп берілген болады.

Жоғарыда аталған байланыстарды және (4) пен (5) теңдеулерін ескеріп,  $a, b$  және  $c$ , коэффициенттерінің сан мәндерін анықтау шарттары төмендегі теңдеулер жүйесі түрінде өрнектеліп шығарылды:

$$\left. \begin{aligned} a + b - c &= 1, \\ a + 2b - 3c &= 0, \\ b\omega_p - 2c\omega_{M.max} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Осы теңдеулерді шешіп, және коэффициенттерінің сан мәндерін анықтайтын формулаларын шығарып аламыз:

$$\left. \begin{aligned} a &= \frac{3k_{\omega}-4}{2(k_{\omega}-1)}; \\ b &= \frac{1}{k_{\omega}-1}; \\ c &= \frac{k_{\omega}}{2(k_{\omega}-1)}. \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

мұндағы  $k_{\omega} = \frac{\omega_p}{\omega_{M.max}}$  – қозғауыштың айналыс жылдамдығы бойынша

бейімделушілік коэффициенті.

(4)...(9) өрнектерін ескеріп, (3) теңдеуін

$$\frac{dv_a}{dt} = d_k v_a^2 + e_k v_a + l_k \quad (10)$$

түріне келтіреміз.

Мұндағы  $d_k = -\frac{g}{G_a \delta_k} \left( \frac{M_p \eta_{mr} c}{r_{\partial}^3 \omega_p^2} \cdot i_{\tau,k}^3 + k_b A \right)$ ,  $e_k = \frac{g}{G_a \delta_k} \cdot \frac{M_p \eta_{mr} b}{r_{\partial}^2 \omega_p} \cdot i_{\tau,k}^2$ ,

$l_k = \frac{g}{G_a \delta_k} \cdot \frac{M_p \eta_{mr} a}{r_{\partial}} i_{\tau,k} - g\psi$  деп белгіленген.

Бұл өрнектердегі  $F_k$  жанама тарту күшінен басқа параметрлердегі  $k$  индексі беріліс сатысының нөмірін көрсетеді.

Трансмиссияның к-шы сатысы іске қосылғандағы автомобильдің қарқынды қозғалысының этапындағы уақытын (10) теңдеуінен анықтаймыз:

$$t_{p.k} = \int_{v_{н.к}}^{v_{к.к}} \frac{dv_a}{d_k v_a^2 + e_k v_a + l_k} \quad (11)$$

Мұндағы  $v_{н.к}$  және  $v_{к.к}$  – автомобильдің к-шы этапындағы қарқынды қозғалысының басындағы және аяғындағы жылдамдықтары.

Автомобильдің -шы этапындағы қарқынды қозғалысының жол ұзындығының теңдеуін

$$v_a = \frac{ds_{p.k}}{dt} \quad (12)$$

өрнегінен

$$s_{p.k} = \int_{v_{н.к}}^{v_{к.к}} v_a dt = \int_{v_{н.к}}^{v_{к.к}} \frac{v_a}{d_k v_a^2 + e_k v_a + l_k} dv_a \quad (13)$$

түрінде тауып аламыз. Ақырында (11) және (13) өрнектерін интегралдап, аталған параметрлерді анықтайтын формулаларды жазып, шығарып алдық: егер  $e_k^2 - 4d_k l_k > 0$  болса, онда

$$t_{p.k} = \frac{1}{D_k} \ln \frac{(2d_k v_{к.к} + e_k - D_k)(2d_k v_{н.к} + e_k + D_k)}{(2d_k v_{к.к} + e_k + D_k)(2d_k v_{н.к} + e_k - D_k)} \quad (14)$$

$$s_{p.k} = \frac{1}{2d_k} \ln \frac{d_k v_{к.к}^2 + e_k v_{к.к} + l_k}{d_k v_{н.к}^2 + e_k v_{н.к} + l_k} - \frac{e_k}{2d_k D_k} \ln \frac{(2d_k v_{к.к} + e_k - D_k)(2d_k v_{н.к} + e_k + D_k)}{(2d_k v_{к.к} + e_k + D_k)(2d_k v_{н.к} + e_k - D_k)} \quad (15)$$

егер  $e_k^2 - 4d_k l_k < 0$  болса, онда

$$t_{p.k} = \frac{2}{D_{m.k}} \left( \arctg \frac{2d_k v_{к.к} + e_k}{D_{m.k}} - \arctg \frac{2d_k v_{н.к} + e_k}{D_{m.k}} \right) \quad (16)$$

$$s_{p.k} = \frac{1}{2d_k} \ln \frac{d_k v_{к.к}^2 + e_k v_{к.к} + l_k}{d_k v_{н.к}^2 + e_k v_{н.к} + l_k} - \frac{e_k}{d_k D_{m.k}} \cdot \left( \arctg \frac{2d_k v_{к.к} + e_k}{D_{m.k}} - \arctg \frac{2d_k v_{н.к} + e_k}{D_{m.k}} \right) \quad (17)$$

Бұл формулаларда  $D_k = \sqrt{e_k^2 - 4d_k l_k}$  и  $D_{m.k} = \sqrt{4d_k l_k - e_k^2}$

Айта кететін бір жәйт – автомобильдің тұрған орынынан жылжып қозғалуы оның тыныш қалыпынан қозғалыс қалыпына көшуі болып табылады. Әдетте, дененің қозғалыс бетінде орынында тұруы олардың арасында пайда болатын тыныш қалыпындағы үйкелісі күші әсері нәтижесінде қамтамасыз етіледі. Дене тыныш қалыпынан қозғалысқа шексіз кішкене уақыт арасында өтеді. Дене қозғалысының бастапқы қозғалыс жылдамдығы қаншалықты кішкене болғанымен кейін қарай бағытталған инерция күші өте үлкен болып шығады. Мұны дененің тыныш қалыпындағы үйкеліс күшінің оның қозғалысы кезіндегі үйкеліс күшінен үлкен болатындығының бір себебі деп есептеуге болады. Көліктік машинаның орынынан жылжыған мезетіндегі және қозғалысы кезіндегі теңселу коэффициенттерінің айырмашылығын осыған ұқсас түсіндіруге болады. Сондықтан, қозғаушының қуаты жеткілікті болған жағдайдың өзінде автомобильдің, немесе басқа бір көліктік машинаның, тұрған орынынан жылжып қозғалып кетуі жол бетімен ұстасуы бойынша анықталатын максимал күшіне тең болатын жанама тарту күшінің әсері нәтижесінде ғана мүмкін болады деп қабылдауға болады.

Автомобильдің орнынан жылжып, қарқынды қозғалуы оның қозғаушының жұмыс режиміне және жүргізушінің ерекшеліктері мен әрекетіне байланысты болады. Автомобильдің қарқынды қозғалысы ең төменгі берілісі іске қосылғанда қозғауш білігі орнықты минимал айналыс жылдамдығымен айналып, және қозғауштың жұмысы оның сыртқы сипаттамасына сәйкес болып тұрған мезеттен басталады деп қабылдаймыз. Қозғауш білігінің орнықты минимал айналыс жылдамдығы оның техникалық сипаттамасында дәл белгіленіп берілмейді. Біз осы жылдамдықты қайсыбір к-шы беріліс сатысы (әдетте, бірінші беріліс сатысы) іске қосылғанда автомобильдің орнынан жылжып, қозғалып кете алатындығының мүмкіндігі шартынан анықтайық. Сонда жанама тарту күші

$$F_k = \varphi \lambda_k G_a \cos \alpha \quad (18)$$

болғанда автомобиль орынынан жылжып қозғалып кетеді деп ұйғаруға болады. Мұндағы  $\varphi$  – ұстасу коэффициенті,  $\lambda_k$  – жетекші доңғалақтардың жүктелу коэффициенті,  $\alpha$  – өрге көтерілу бұрышы.

Соңғы теңдеуді ескеріп, (5), (6) және тарту күші балансы теңдеулері бойынша автомобильдің орынынан жылжып қозғалып кетуінің шартын төмендегі түрде өрнектеп шығарып аламыз:

$$M_p \left[ a + b \frac{\omega_a}{\omega_p} - c \left( \frac{\omega_a}{\omega_p} \right)^2 \right] \cdot \frac{i_r \eta_{mr}}{r_a} = \varphi \lambda_k G_a \delta_k \cos \alpha \quad (19)$$

Бұл теңдеуді  $\omega_a$  шамасына қатысты шешіп, қозғауш білігі айналысының орнықты минимал бұрыштық жылдамдығын анықтайтын формуланы мына түрде шығарып аламыз:

$$\omega_{\partial.min} \geq \omega_p \left( \frac{b}{2c} + \sqrt{\frac{b^2}{4c^2} + \frac{a}{c} - \frac{\varphi \lambda_k G_a \delta_k \cos \alpha}{c M_p i_r \eta_{mr}}} \right) \quad (20)$$

Қозғалыста екінші жоғарғы сатыны қосу кезінде автомобильдің жылдамдығы қайсыбір  $\Delta v_n$  шамасына төмендейтіні белгілі. Зерттеулер нәтижесінде берілістен беріліске өту уақыты  $t_n = 0,8 \dots 1,5$  секундке созылады екен [2]. Бұл кезде автомобиль өзінің екпінімен қозғалыс үстінде болады. Сондықтан автомобильдің тарту күші балансы теңдеуін былайша жазып шығамыз:

$$0 = \psi \delta_b G_a + F_B + \frac{\delta_b G_a}{g} \cdot \frac{dv_a}{dt} \quad (21)$$

Бұл теңдеуден автомобиль қозғалысы жылдамдығының үдеуі (бәсеңдеуі)

$$j_a = \frac{dv_a}{dt} = -g\psi - \frac{k_B Ag}{G_a \delta_b} \cdot v_a^2 \quad (22)$$

Автомобильдің өз екпінімен қозғалуының жылдамдығы

$$v_a = v_{b.нач} - g\psi t - \frac{k_B Ag}{G_a \delta_b} \cdot v_a^2 t \quad (23)$$

мұндағы  $v_{b.нач}$  – берілісті өзгерту кезіндегі қозғалыстың бастапқы жылдамдығы.  $v_{b.нач} = v_{k.k}$ . Бұдан автомобиль беріліс қорабы ағытылып тасталғандағы өз екпінімен қозғалысының жылдамдығын тауып алу үшін керек болатын теңдеуді төменгі түрде жазып шығарамыз:

$$\frac{k_B Ag}{G_a \delta_b} \cdot v_a^2 t + v_a - v_{b.нач} + g\psi t = 0 \quad (24)$$

$t=t_n$  деп алып, (24) теңдеуін шешсек, автомобильдің  $k$ -ші беріліс сатысынан  $(k+1)$ -ші сатысына көшкендегі бастапқы қозғалыс жылдамдығының шамасын тауып беретін формуланы жазып шығарамыз:

$$v_{n.(k+1)} = -\frac{G_a \delta_b}{2k_B Ag t_n} + \sqrt{\frac{G_a^2 \delta_b^2}{4k_B^2 A^2 g^2 t_n^2} + \frac{G_a \delta_b}{k_B Ag t_n} \cdot v_{k.k} - \frac{G_a \delta_b \psi}{k_B A}} \quad (25)$$

### Нәтижелер мен талқылау

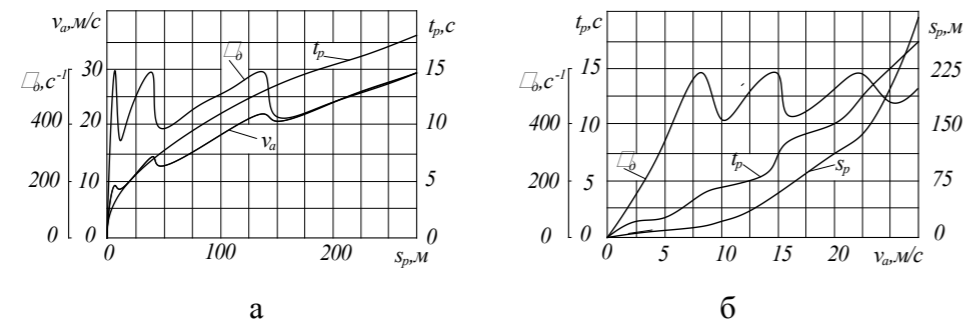
Сөйтіп, зерттеулеріміздің нәтижесінде автомобильдің қарқынды қозғалысын сипаттайтын және оның көрсеткіштерін анықтайтын теңдеулер мен формулаларды дәлелдеп шығып, анықтап алдық. Мысалы, (14)...(17) және (25) формулалары бойынша қарқынды қозғалыстың әрбір этапының және толықтай қарқынды қозғалыстың өзінің уақыты мен автомобильдің жүріп өтетін жол ұзындығын тауып ала аламыз. Ал, (11) және (13) теңдеулері бойынша Mathcad бағдарламасын да қолданып, қарқынды қозғалыстың параметрлері арасындағы өзара байланыстарының графиктерін сызып шығып, сараптап, зерттеуге болады.

Құрастырылған теңдеулер мен жазып шығарылған формулалардың дұрыстығын тексеру үшін, осы өрнектерді қолданып, ВАЗ 21051 автомобилінің қарқынды қозғалысының көрсеткіштері анықталынды (1-ші кесте) және сипаттамасы (1-ші сурет) салынып шықты. Есептеу параметрлер мен шамалардың төмендегі сан мәндері қабылданып, орындалды: 2101 моделді қозғаушы орнатылған автомобильдің салмағы  $G_a = 10600$  Н (жүргізуші мен пассажирдің салмақтарын қосқанда 12100 Н), білігінің  $\omega_p = 586$  с<sup>-1</sup> (5600 айн/мин) болған айналыс жылдамдығына сәйкесті қозғаушының максимал қуаты 43,2 кВт, максимал қуатына сәйкесті қозғаушы моменті  $M_p = 73,72$  Нм, қозғаушы білігінің  $\omega_m = 355,87$  с<sup>-1</sup> (3400 айн/мин) болған айналыс жылдамдығына сәйкесті қозғаушының максимал моменті  $M_{c,max} = 85$  Нм, беріліс қорабының сатыларының беріліс сандары  $i_{k.n.1} = 3,67$ ,  $i_{k.n.2} = 2,10$ ,  $i_{k.n.3} = 1,36$ ,  $i_{k.n.4} = 1$  бас берілістің беріліс саны  $i_{r.n} = 4,3$  ауа кедергісінің коэффициенті  $k_B = 0,2$  Н·с<sup>2</sup>·м<sup>-4</sup>, трансмиссияның ПӘК  $\eta_{mr} = 0,92$ , шиналарының өлшемдері 165/80 R13, автомобильдің маңдай алды ауданы  $A = 1,359$  м<sup>2</sup>, асфальтталған жол бетінің кедергісінің коэффициенті  $\psi = 0,013$ , коэффициенттер  $\sigma_1 = 0,03$ ,  $\sigma_2 = 0,04$ . Сонымен қатар, жазылып шығарылған формулаларымыз бойынша  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , коэффициенттерінің және әрбір беріліс сатысына сәйкесті  $i_r$  және  $\sigma_k$  шамаларының сан мәндері анықталды. Әдебиет көздерінде мәліметтерге сәйке автомобильдің қарқынды қозғалысы кезінде беріліс сатысын өзгертуге кететін уақыт 1,1 с-ке тең болып қабылданды.

Зерттеу кезінде жазып шығарылған формулалар бойынша анықталған ВАЗ 21051 автомобилінің сатылап қарқынды қозғалысының уақыт ұзақтығы мен оның техникалық сипаттамаларында айқындалып берілген уақытынан айырмасы 1...4 % шамасында болды. Бұл ұсынылып отырған автомобильдің (көліктік машинаның) қарқынды қозғалысын теория тұрғысынан зерттеуінің және жазып шығарылған теңдеулер мен формулалардың дұрыс екендігін дәлелдейді.

Кесте 1 – ВАЗ 21051 автомобилінің қарқынды қозғалысының параметрлерінің есептеумен табылған сан мәндері

Беріліс сатысы	$t_p, c$	$v_a, m/c$	$s_p, m$	$\omega_p, 1/c$	Беріліс сатысы	$t_p, c$	$v_a, m/c$	$s_p, m$	$\omega_p, 1/c$
Бірінші	0	0	0	0	Үшінші	6,78	14,362	44,169	374,951
	0,67	1,664	0,496	117,2		7,722	15,979	58,614	417,16
	1,097	3,327	1,546	234,4		8,688	17,596	74,829	459,37
	1,451	4,991	3,012	351,6		9,685	19,212	93,18	501,58
	1,788	6,654	4,974	468,8		10,733	20,829	114,186	543,79
	2,15	8,318	7,688	586		11,862	22,446	138,612	586
Екінші	3,67	8,144	11,51	328,305	Төртінші	12,843	22,272	147,081	427,54
	3,823	9,422	15,604	379,844		13,929	23,378	169,577	448,76
	4,286	10,701	20,262	431,383		14,836	24,483	193,687	469,99
	4,757	11,979	25,597	482,92		15,872	25,589	219,618	491,21
	5,246	13,258	31,778	534,46		16,9843	26,694	247,626	512,44
	5,77	14,536	39,057	586		17,959	27,80	278,032	533,66



Сурет 1 – ВАЗ 21051 автомобилінің қарқынды қозғалысының жылдамдық сипаттамасы: а – жолы бойынша; б – жылдамдық бойынша

### Қорытынды

#### Тұжырымдамалар:

- карбюраторлы қозғауыштың сыртқы сипаттамасындағы қуат қисықсызығының коэффициенттерін анықтауға мүмкіндік беретін теңдеулер жүйесі құрастырылды және оның шешімі ретінде коэффициенттерді анықтайтын формулалар жазылып шығарылды. Бұл карбюраторлы қозғауыштың сыртқы сипаттамасын толығымен теориялық жолды пайдаланып, сызып шығуға мүмкіндік береді;

- карбюраторлы қозғауышты автомобильдің белгілі бір сатысы іске қосылғанда қарқынды қозғалуының басталып кетуі мүмкін болатындай қозғауыш білігінің айналысының минимал бұрыштық жылдамдығын анықтайтын шарты ұсынылған;

- карбюраторлы қозғауыштың білігі айналысының минимал бұрыштық жылдамдығын анықтайтын формула жазылып шығарылған;

- автомобильдің қарқынды қозғалысы кезінде оның карбюраторлы қозғауышының сыртқы сипаттамасы бойынша жанама тарту күшін және қозғалыс жылдамдығын анықтайтын формулалар жазылып шығарылған;

- автомобильдің қарқынды қозғалысы сипаттамасының негізгі көрсеткіштері болып табылатын уақыты мен жол ұзындығын аналитик жолмен анықтайтын формулалар жазылып шығарылған;

- зерттеу жолдарының, жазылып шығарылған теңдеулер мен формулалардың дұрыстығы ВАЗ 21051 автомобиліне қатысты орындалған есептеулердің нәтижелерін ВАЗ моделі автомобильдерінің техникалық сипаттамаларында көрсетілген қарқынды қозғалысы параметрлерінің сандық мәндерімен салыстырылып, дәлелденген;

- орындалған зерттеудің нәтижелерін автомобильдің белгіленген жылдамдыққа дейінгі қарқынды қозғалысының уақыты мен жол ұзындығын анықтап алу, автомобильдің массасы, жүгі, жол жағдайлары секілді және басқа да әртүрлі факторлардың қарқынды қозғалысқа тигізетін әсерін зерттеп, сараптау, процестің жылдамдық сипаттамасын салып шығып, талдау үшін қолдануға болады;

- орындалған зерттеудің нәтижелері жаңадан жасалынып шығатын автомобильдің есептеулері, жобалауы, жетілдіруі және өндіріске ендіру этаптары кезінде техникалық сипаттамаларын анықтауда қолданыла алынады.

### ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 Trembovelsky, L. Kinematic Matching of Engine and Transmission of Vehicles / L. Trembovelsky, V. Shmidt // Известия МГТУ МАМИ. – 2008. – No 2(6). – P. 86–90.

2 Автомобили ВАЗ 2101, 2102 : ВАЗ 2101, ВАЗ 21011, ВАЗ 21012, ВАЗ 21013, ВАЗ 21014, ВАЗ 21016, ВАЗ 2102, ВАЗ 21021-01, ВАЗ 21021002, ВАЗ 21022, ВАЗ 21023, ВАЗ 21024, ВАЗ 21026 : с учетом применения запасных частей от более поздних моделей ВАЗ : практическое руководство / ред. : В. Верхогляд. – Батайск : Сверчок Ъ, 2010. – 212 с. – (Серия : Ремонт в дороге. Ремонт в гараже). – ISBN 978-5-98842-136-8.

3 Горожанкин, С. А. Исследование законов изменения ускорений автомобиля в процессе его разгона / С. А. Горожанкин, Н. В. Савенков // Строитель Донбасса. – 2019. – № 4(9). – С. 27–31.

4 Гребнев, В. П. Тракторы и автомобили. Теория и эксплуатационные свойства / В. П. Гребнев, О. И. Поливаев, А. В. Ворохобин. – 3-е издание. – М. : Компания КноРус, 2018. – 260 с. – (Бакалавриат и магистратура). – ISBN 978-5-406-06240-1.

5 Вахламов, В. К. Автомобили : Теория и конструкция автомобиля и двигателя : Учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / В. К. Вахламов, М. Г. Шатров, А. А. Юрчевский; Под ред. А. А. Юрчевского. – М. : Издательский центр «Академия», 2003. – 816 с

6 Дзиов, Р. Э. О начальной фазе разгона автомобиля / Р. Э. Дзиов // Вестник машиностроения. – 2005. – № 3. – С. 28–31.

7 Драгунов, Г. Д. Тягово-динамический расчет автомобиля при переключении передач и управлении двигателем / Г. Д. Драгунов, Е. П. Гонтарев, А. А. Юсупов // Технология колесных и гусеничных машин. – 2014. – № 4. – С. 60–64.

8 Нарбут, А. Н. Интенсивность разгона легкового автомобиля с гидромеханической передачей в начальной фазе / А. Н. Нарбут, Д. М. Денисов // Технология колесных и гусеничных машин. – 2015. – № 1. – С. 32–36.

9 Нарбут, А. Н. Дзиов, Р. Э. Метод расчета разгона автомобиля с ГМП // Вестник машиностроения. – 2005. – №1. – С. 32-34.

10 Теория движения автомобиля : Учебник для вузов / В. П. Тарасик – СПб. : БХВ - Петербург, 2006. – 478 с.

11 Уланов, А. Г. Оптимизация процесса разгона автомобиля с учетом режимов работы его двигателя / А. Г. Уланов // Известия МГТУ МАМИ. – 2017. – № 3(33). – С. 56–60.

12 Федотов, А. И. Комплекс для экспериментального исследования динамики разгона автомобиля / А. И. Федотов, Е. М. Портнягин // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2015. – № 1(41). – С. 42–46.

### REFERENCES

1 Trembovelsky, L. Kinematic Matching of Engine and Transmission of Vehicles / L. Trembovelsky, V. Shmidt // Izvestiya MGTU MAMI. – 2008. – No 2(6). – P. 86–90.



2 Avtomobili VAZ 2101, 2102 : VAZ 2101, VAZ 21011, VAZ 21012, VAZ 21013, VAZ 21014, VAZ 21016, VAZ 2102, VAZ 21021-01, VAZ 21021002, VAZ 21022, VAZ 21023, VAZ 21024, VAZ 21026 : s uchetom primeneniya zapasnyh chastej ot bolee pozdnyh modelej VAZ : prakticheskoe rukovodstvo / red. : V. Verhoglyad. – Batajsk : Sverchok, 2010. – 212 p. – (Seriya : Remont v doroge. Remont v garazhe). – ISBN 978-5-98842-136-8.

3 **Gorozhankin, S. A.** Issledovanie zakonov izmeneniya uskorenij avtomobilya v processe ego razgona / S. A. Gorozhankin, N. V. Savenkov // Stroitel' Donbassa. – 2019. – № 4(9). – P. 27–31.

4 **Grebnev, V. P.** Traktory i avtomobili. Teoriya i ekspluatacionnye svoystva / V. P. Grebnev, O. I. Polivaev, A. V. Vorohobin. – 3-e izdanie. – Moscow : Kompaniya KnoRus, 2018. – 260 p. – (Bakalavriat i magistratura). – ISBN 978-5-406-06240-1.

5 **Vahlamov V. K.** Avtomobili: Teoriya i konstrukciya avtomobilya i dvigatelya: Uchebnik dlya stud. uchrezhdenij sred. prof. Obrazovaniya / V. K. Vahlamov, M. G. SHatrov, A. A. Yurchevskij; Pod red. A. A. Yurchevskogo. – Moscow. : Izdatel'skij centr «Akademiya», 2003. – 816 p.

6 **Dziov, R. E.** O nachal'noj faze razgona avtomobilya / R.E. Dziov // Vestnik mashinostroeniya. – 2005. – № 3. – p. 28–31.

7 **Dragunov, G. D.** Tyagovo-dinamicheskij raschet avtomobilya pri pereklyuchenii peredach i upravlenii dvigatelem / G. D. Dragunov, E. P. Gontarev, A. A. Yusupov // Tekhnologiya kolesnyh i gusenichnyh mashin. – 2014. – № 4. – P. 60–64.

8 **Narbut, A. N.** Intensivnost' razgona legkovogo avtomobilya s gidromekhanicheskoj peredachej v nachal'noj faze / A. N. Narbut, D. M. Denisov // Tekhnologiya kolesnyh i gusenichnyh mashin. – 2015. – № 1. – P. 32–36.

9 **Narbut, A. N. Dziov, R. E.** Metod rascheta razgona avtomobilya s GMP // Vestnik mashinostroeniya. – 2005. – № 1. – p. 32–34.

10 Teoriya dvizheniya avtomobilya: uchebnik dlya vuzov / V. P. Tarasik – SPb. : BHV - Peterburg, 2006. – 478 p.

11 **Ulanov, A. G.** Optimizaciya processa razgona avtomobilya s uchetom rezhimov raboty ego dvigatelya / A. G. Ulanov // Izvestiya MGTU MAMI. – 2017. – № 3(33). – P. 56–60.

12 **Fedotov, A. I.** Kompleks dlya eksperimental'nogo issledovaniya dinamiki razgona avtomobilya / A. I. Fedotov, E. M. Portnyagin // Vestnik Sibirskoj gosudarstvennoj avtomobil'no-dorozhnoj akademii. – 2015. – № 1(41). – P. 42–46.

Материал баспаға 17.03.22 түсті.

\***А. Нуржауов**

Торайғыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар.

Материал поступил в редакцию 17.03.22.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗГОНА АВТОМОБИЛЯ

*Тягово-скоростные свойства автомобилей оцениваются рядом показателей. В Государственном стандарте – «Автотранспортные средства. Скоростные свойства» приведены методы оценки путем испытаний таких показателей и характеристик скоростных свойств автомобилей, как максимальная скорость, время разгона на заданном пути, время разгона до заданной скорости, скоростная характеристика разгон – выбег и другие. Основными оценочными показателями тягово-скоростных свойств автомобилей являются характеристики приемистости. Основной характеристикой приемистости автомобиля является характеристика «Разгон – выбег», располагая которой можно оценить разгон на высшей и предшествующих передачах, определить время разгона на участках определенной длины, время разгона до заданной скорости. В литературных источниках и других изложены пути теоретического определения показателей тягово-скоростных свойств автомобиля. В них авторами рекомендуется решать задачи по определению таких показателей, как время и путь разгона, а также характеристики разгона, как правило, численным методом на ЭВМ. В статье изложены теоретические выкладки по аналитическому определению характеристик разгона автомобилей с переключением передач без применения численных методов. Правильность выведенных формул для определения параметров разгона автомобиля доказана расчетами.*

*Ключевые слова: максимальная скорость автомобиля, время разгона автомобиля, тягово-скоростные свойства, скоростная характеристика разгона, тяговый баланс, динамикалық фактор.*

\***А. Nurzhauov**

Toraighyrov university, Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Material received on 17.03.22.

## INVESTIGATION OF THE SPEED-UP OF THE CAR

*Motor vehicles properties are evaluated by indicators. The State Standard describes the methods of evaluation with way of tests of indicators and characteristics of traction-speed car properties such as the maximum speed, the time of the speed-up at given path, acceleration up to a given speed, the velocity-characteristic of the «speed-up–run-out» and others. The characteristic of car speed-up–run-out are the main estimates of the traction-speed car properties. Using this characteristic, we can appreciate the acceleration, the time and the path on higher transfer and prior to it, determine their on the sections of way up to a given speed. In the re and etc. outlined ways of the theoretical determination of indicators of traction-speed properties of car. Author encourages pursuing the goal of definition of indicators such as time and the path of car speed-up, also the characteristics of the run-out, usually on a computer with numerical method. Below we will present the method of the theoretical calculations of speed-up of cars with manual transmission with analytical formulas.*

*Keywords: max speed of the car, acceleration time, traction and speed properties, acceleration speed characteristic, traction balance, dynamic factor.*

\*Zh. T. Nusupbek<sup>1</sup>, N. B. Zharkenov<sup>2</sup>, A. N. Kongkybayeva<sup>3</sup>,  
D. N. Sarsenbayev<sup>4</sup>, A. R. Mukasheva<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup> S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University,  
Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan

### ENSURING THE SAFETY OF VEHICLES

*Some choose to devote all their lives to serving the master. It is a magnificent church. Your organization, effectiveness, and sheer goodness are respected by all who sincerely seek understanding. These actions are the only territory available to drivers a move can be safely driven. The parameters of a car operation, which safely features traffic, were determined. The value of consular performance parameters is defined to different levels of Traffic Safety. In order to the proposed quality parameters of operation of the vehicle can be used to control the security mode of the traffic by the truck drivers and traffic police, the computer must be used to calculate separately the case study that it is possible to the exit of the three indicators of the quality of the driving, which is called the safety of driving mode: high-speed is the average speed ratio of the average maximum exposure to the vehicle of the average amount of acceleration are known, which is called the index of the quality of the driving, from the moment of the start of the journey.*

*Keywords: safety system, traffic accident, maneuver process, traffic flow, safe mode, safe driving limits.*

#### Introduction

It is considered to improve the road conditions, improve the speed and stability, the stability and control of the car, called the movement, security features, increase security systems driving-vehicles (records of the host). But this opinion was the opposite of an accident in the road accident (Muhammad). The average value of operating costs, before the accident, a vehicle driver, car and truck, automotive, light in relations with the 1:0.7:0.5, respectively. When comparing the performance before the time in the traffic safety of the driver, the light was involved, it turned out that the wheels of vehicles, in which he makes the move with your high-performance in the time before the accident, and the fourth  $\delta$ .

Driving style and an estimate of the accident. To understand the cause of this phenomenon it is necessary to examine a mechanism of occurrence. Traffic accident happened when I could not complete the necessary battles to prevent residents, Road operations, or in the process of combat performance, the vehicle is [1].

#### Materials and methods

Above it seems because we will addition to the border guards of the security parameters of the vehicle movement, which controls the driver: speed, apart. Consider

how the reliable control of the vehicle changes when increasing the speed of the floor adjusting conditions.

During the receipt of an obstacle, increases the machine's reliability of the speed will change as shown in Figure 1 with a solid line.

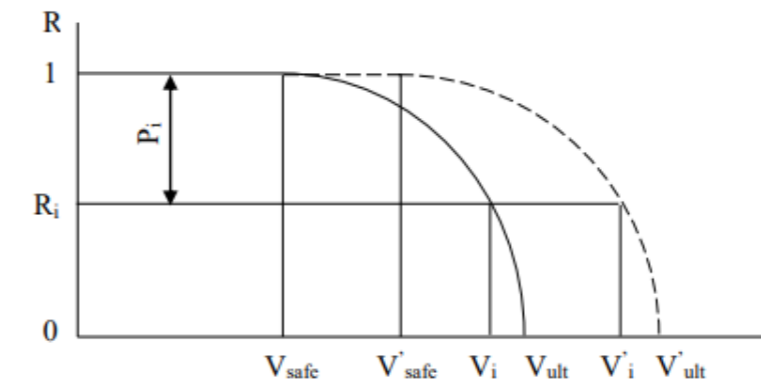


Figure 1 – The dependence of the reliability of the maneuver «braking» on the speed of its execution at a given distance from the obstacle: \_\_\_ initial safety conditions; after increasing  $V_{safe}$  and  $V_{ult}$  to  $V'_{safe}$  and  $V'_{ult}$  appropriately

As the brakes are not over safe, reliable vehicle control is equal to one. Once polished independence and intent begins at reasonable speed of accident, that equity against the day=1–the device appears, does not have the control of the situation of the car. At limited speed, control of reliable vehicles will become zero, and estimate of the accident will become one. If the feature of the road land, the feature of the car will give birth to a driver will be trained into some of the efficiency of complex accumulation, reducing the credibility of the wheel will be variable to rights, shown in Figure 1 on top [2].

#### Results and discussion

Also, because we want to experience a corresponding growth in credit, but this as an increase in conditions occurred, the increase in driving. «Truck drivers» increase speed without exceeding this new independent speed. The projects focus on the development of green, which attracts drivers to battle machines in addition to their safe territory, increasing the speed of the situation to green, relevant reporters at the level of risk. Similar diagrams can be made for items cuts over floor space which are closed at a fixed speed from the start of the floor. Similar changes can also be scheduled for the avoidance status of obstacles, the arrival bezel, along the kilometers. Of those mentioned three key conclusions to follow. Firstly, it is possible to propose safe driving in the only way: not to over-speed safe, to reduce the intervals associated with safe values. In the second stage, road conditions, improve the speed and stability, the stability and reliability of the vehicle, does the security of being in the range that drivers can safely drive does not increase. Third, it is only possible to improve traffic safety by reducing the number of drivers in the traffic flow that exceeds the safety border. To reduce the number of drivers so that it is necessary to solve two problems. First, it is necessary to

drive with information you can know what the chosen pattern of travel is safe or not. But this is not enough, because the «drivers wheel» will go beyond the boundaries of security is due to the tool not pay the readings. In the commander of such drivers to change the form of your driving, according to the reading instrument, it is essential that these readers can be used by the authorities control traffic can be used to monitor the driving of the foundation, quality control machine, explain the security of driving mode. Research has been done to allow three indicators, the management of the vehicle, which provides quality, safety, a movement movement: high-speed, average speed, relative speed, maximum acceleration, speed, with a maximum of operating speed, also taking the acceleration of the car from one computer to the name. Constant indicators of the quality of vehicle control are measured from the start of the journey. The minimum driving cycle is 5 km [3].

Let us consider what alternatives that indicators have been announced. Firstly, let us note that the selection of speed building indicator is clear and does not require any special. The value is limited by traffic rules.

Material value speed estimates the level of speed changes during the trip. Affordable small value increase based on the vehicle speed to the average speed of traffic flow. In the result of the study, which showed that transport more than the vehicle speed from average speed of traffic flow in both directions, average time lower than before the accident[6]. The Irish are as small as the value of being close to one. In this regard, your side values should be limited not only from below, but also from above [4].

Ben accelerates character increases density increases vehicle speed changes. Increased sales are adversely affected by Traffic Safety (Grandmaster). To emphasize the harmful effects on the flow of traffic by analogy with signal dangerous in Space Radio, called noise, Maxwell is called the acceleration noise. This requires the rod from the top.

Due to the use of this idea of the things that disrupt the Momentum Index, a comprehensive developed, which features influence the speed and suit the flooring on the characteristics (land) of the car in the security move, Asian. High speed block acceleration which can be made by car to accelerate from a location with maximum speed km/h and after the rear of the high speed reduction wheel which has stopped the car to this property. This figure is said to be an accelerated thing. The amount of noise acceleration of the structure for a machine is calculated, which affects the average time before the accident occurs. According to the calculation, the graph was scheduled based on the specific time performance before a crash increases the structure's acceleration value in Figure 2 [5].

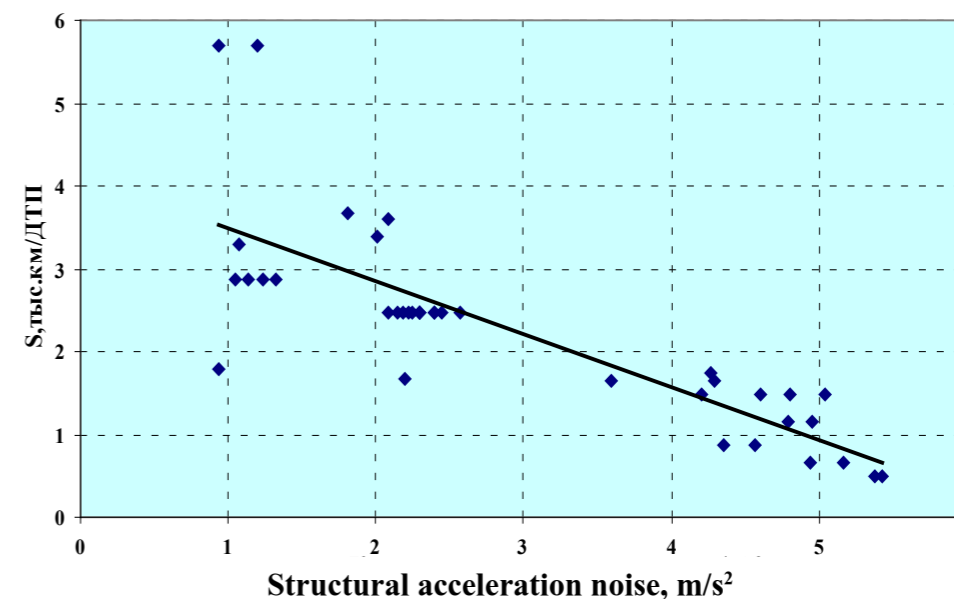


Figure 2 – Dependence of average operating time before an accident on the value of structural acceleration noise

Accordingly can be seen from a chart in the storm. 2, the owner of a structure leads to a fall in medium time before the accident increases. In other words, the increase in car features is called the security feature function, which leads to a decrease in the safety of the Prince.

Monitor wheel values depending on different traffic levels for security. Research has done the possibility to define, as in the case of the first value quality car control indicator that corresponds to different levels of popularity. 60 + 10 km highway – 90+10+10 kilometers due to the Highway/10+10+10 km-on the highway / Highway – 10+10+10 miles, on the Highway – 110 + 10 km / together...60) km / h, drive will be fined. If the maximum speed is more than 60 km/play, the driver will be punished by taking his driver's license [6].

Identification of the value of speed factors corresponding to different levels of driving test results is used by users and literature analysis is carried out. In the process of evaluating passengers running the course of different kilometers. Drivers using economic and security methods. According to the results of the three-dimensional measures were made worth extending while driving in the city and on the high way. Premium internet, usually to the value of the Dragon, about the state of security in the cities, which significantly and in looking for the value of the internet is the function equal to 0.45, 0.75 and 0.8, respectively. This is the upper boundary of the sector, which is predicted in the occurrence. More than 0.05. For cities, the neighborhood was equal 0,75, for Highway – 0,9, for free time 0,95. This ensures the transfer of the boundaries of the KV, in punishment, is also a punishment in the form of a driving license gathered, on average, a combination of the passengers with high speed from high speed, that during this period, from both the launch line use. Evaluation of dangerous levels of

emergency parties is carried out due to the value of Max mutant slowdown fun vehicle involved in conflict situations. Depending on the value of deceleration, three friends are discrimination conflicts : light, medium and important. In [7], the equation is given, which allows us to cross the assessment level of conflict conditions to an average time before the incident. After the vehicle speed is distributed by close law with regular expansion, knowing the maximum speed value, it is possible to calculate the standard accelerated value of the average deck value of the formula:

$$\sigma C = \text{Max}/\text{man, man/s} =$$

As a result of the analysis and the implementation of our Value Noise is identified, corresponding to the mode, traffic safe, which is necessary for the implementation of punishment, forms of traffic that your necessary as a combination of a driver’s License Act.

For the following traffic is received in the value of sound acceleration: safe hole-not a safe mode–75 M /2; in the form of wheels that are laid under the penalty that is - (1,0... 1,25) Male/2; driving mode, under which the driver was deprived of the right to drive-more than 1,25 m / [8].

The amount of acceleration performance for traffic: security mode-not more than 0.6; fine mode (0.75...1.0) Man / 2; patterns, which exclude the driving holder from the driver’s license-no more than 1.0 M /2.

The principle of community involvement in conservation and management is an example of community-based Heritage Management also owns Luang namta province...0.75) sand/2; forms, corresponding to the loss of driver’s license-no more than 0.75 m / Us 2 [9].

Overall, from the results of the defined values of the quality indicators, driving, passenger, why that conclusion can be found in the need to use the actions of the government in connection with the driver made is given in Table 1.

Table 1–Quality indicators of delivery of passengers driving related to security driving modes and driving mode requires penalties on drivers driving [10]

Metrics	City			Highway			Magistral			
	safe	penalty	divest-ment	safe	penalty	divest-ment	safe	penalty	divest-ment	divest-ment
Highest Speed Vmax, km/h	60 <sup>+10</sup>	60 <sup>+(20...60)</sup>	60 <sup>+(&gt;60)</sup>	90 <sup>+10</sup>	90 <sup>+(20...60)</sup>	90 <sup>+(&gt;60)</sup>	110 <sup>+10</sup>	110 <sup>+(40...60)</sup>	110 <sup>+(&gt;60)</sup>	110 <sup>+(&gt;60)</sup>
Speed coeff. kv	0,45... 0,75	0,35... 0,25	less than 0,25	0,75... 0,9	0,65... 0,55	less than 0,55	0,8... 0,95	0,7...0,6	less than 0,6	less than 0,6
Accele-rating noise σj, m/c <sup>2</sup>	less than 0,75	1,0... 1,25	over 1,25	less than 0,6	0,75... 1,0	over 1,0	less than 0,4	0,5... 0,75	более 0,75	более 0,75

**Conclusion**

Analysis allows us to draw the following conclusions.

1 Road safety can’t be with the tools, characteristics of the increase, therefore, improved road conditions increased the speed and quality control, stability, and control of the vehicle increases the safety of the road, not to be, but only extend the boundaries that the driver can safely work car;

2 Safety motion of the system features of the drivers, thus increasing road safety is possible only by reducing the number of drivers in traffic flow, which the modes beyond the boundaries of safety;

3 There is a need, but not enough to reduce the number of drivers who exceed the boundaries of security, driving information about the quality of the drives required for the further Declaration, Form, move, based on the safety receive;

4 Necessary and sufficient conditions for reducing the number of drivers beyond the boundaries of safe driving, to use information about the quality of driving by road control, road powerful that monitor compliance with the drivers, safety, and penalties in case of violation of the conditions of security;

5 For Driver Road authorities and control information about the quality of driving, computer routes must become the standard equipment of the car.

REFERENCES

1 **Майборода, О. В., Литвинова, Т. А.** Какая статистика ДТП необходима. [Текст]. – Автомоб. транспорт, 1993. – № 4. – Б. 27–30.

2 **Майборода, О. В., Литвинова, Т. А.** Активная безопасность АТС. Состояние и пути повышения [Текст]. – Автомоб. Промышленность. – 1995. – № 1. – Б. 32.

3 **Майборода, О. В.** Кто он безопасный водитель? Для повышения безопасности необходимо изменить поведение водителей [Текст]. – Автомоб. транспорт, 2003. – № 11. – Б. 25–26.

4 Справочник по безопасности дорожного движения [Текст]// Элвик, Р. и др. / Пер. с норв. под редакцией проф. Сильянова, В. В. – М. : МАДИ(ТУ), 2001. – Б. 754.

5 **Дрю Д.** Теория транспортных потоков и управление ими [Текст] // Пер. с англ. Коваленко Е. Г. и Шермана Г. Д. Под редакцией чл. – корр. АН СССР Бусленко Е. Г. – М. : Транспорт, 1972. – Б. 357.

6 **Клишковштейн, Г. И., Афанасьев М. Б.** Организация дорожного движения: учебник для вузов [Текст] – М: Транспорт, 1997 – Б. 237.

7 **Каленов, Г. К.** Повышение безопасности дорожного движения в Республике Казахстан: диссертация кандидата технических наук : 05.22.10, 05.05.03 [Текст]/ Каленов Галымжан Кендебайулы; [Моск. гос. автомобил.-дорож. ин-т (техн. ун-т)]. – М. 2008. – Б. 141.

8 **Александров, А. Э.** Расчет и оптимизация транспортных систем с использованием моделей (теоретические основы и методология) : дис. д-ра техн. наук [Текст]/А. Э. Александров; УрГУПС. Екатеринбург, 2009. – Б. 285.

9 **Ширяев, С. А., Гудков, В. А., Миротин Л. Б.**, Транспортное и погрузочно – разгрузочные средства [Текст] – М. : Горячая линия – Телеком, 2007. – Б. 848.

10 **Сырлыбаев Р. С.**, Техническая эксплуатация автомобилей : учебное пособие [Текст] / Р. С. Сырлыбаев, А. Г. Акчурин. – Алматы: Каз АТК, 2009. – Б. 84.

## REFERENCES

1 **Majboroda, O.V., Litvinova T. A.** Kakaya statistika DTP neobhodima [What kind of accident statistics are needed] [Text]. – Avtomob. Transport. – 1993. – № 4. – P. 27–30.

2 **Majboroda, O. V., Litvinova, T. A.** Aktivnaya bezopasnost' ATS. Sostoyanie i puti povysheniya [Active safety of MV. Status and ways to improve] [Text]. – Avtomob. promyshlennost'. – 1995. – № 1. – P. 32.

3 **Majboroda, O. V.** Kto on bezopasnyj voditel'? Dlya povysheniya bezopasnosti neobhodimo izmenit' povedenie voditelej [Who is a safe driver? To improve safety, driver behavior must change] [Text]. – Avtomob. Transport, 2003. – № 11. – P. 25–26.

4 Spravochnik po bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya [Road Safety Handbook], [Text]. – / Elvik, R. and others / Traslated from Norwegian, edited by Prof. Silyanov, V. V. – Moscow. : MADI(TU), 2001. – P. 754.

5 **Dryu D.** Teoriya transportnyh potokov i upravlenie imi, [Traffic Flow and Control] [Text] / Translated from English by Kovalenko E. G. and Shermana G. D. Under the editorship Corresponding Member of the Academy of Sciences of the USSR Buslenko E. G. – Moscow. : Transport, 1972. – P. 357.

6 **Klinkovshtejn, G. I., Afanas'ev, M. B.** Organizaciya dorozhnogo dvizheniya [Organization of Road Traffic: Textbook for Higher Education Institutions], [Text]. – M: Transport, 1997. – P. 237.

7 **Kalenov, G. K.** Povyshenie bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya v Respublike Kazahstan [Improving road safety in the Republic of Kazakhstan : dissertation of Candidate of Technical Sciences : 05.22.10, 05.05.03] [Text] / Kalenov Galymzhan Kendebajuly. – Moscow : [Moskwa. gos. avtomobil. -dorozh. in-t (tekhn. un-t)]. 2008. – P. 141.

8 **Aleksandrov, A. E.** Raschet i optimizaciya transportnyh sistem s ispol'zovaniem modelej (teoreticheskie osnovy i metodologiya) [Calculation and optimization of transport systems using models (theoretical foundations and methodology) : dissertation of Dr. of technical sciences] [Text] / A. E. Aleksandrov; UrGUPS. Ekaterinburg, 2009. – P. 285.

9 **Shiryayev, S. A., Gudkov, V. A., Mirotin, L. B.**, Transportnoe i pogruchnochno – razgruzochnye sredstva [Transport and loading and unloading equipment] [Text]. – Moscow : Goryachaya liniya – Telekom, 2007. – P. 848.

10 **Syrlybaev, R. S.**, Tekhnicheskaya ekspluataciya avtomobilej; [Technical operation of automobiles : textbook] [Text] / R. S. Syrlybaev, A. G. Akchurin. – Almaty : Kaz АТК, 2009. – P. 84.

Material received on 17.03.22.

**\*Ж. Т. Нүсіпбек<sup>1</sup>, Н. Б. Жаркенов<sup>2</sup>, А. Н. Қоңқыбаева<sup>3</sup>,  
Д. Н. Сәрсенбаев<sup>4</sup>, А. Р. Мукашева<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3,4,5</sup>С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,

Қазақстан Республикасы, Нұр-Сұлтан қ.

Материал баспаға 17.03.22 түсті.

## КӨЛІК ҚҰРАЛЫНЫҢ ҚАУІПСІЗДІГІ

*Жол-көлік оқиғаларының пайда болу механизміне талдау жасалып, жол жағдайларын жақсарту және автомобильдің жылдамдық пен тежеу қасиеттерін, тұрақтылығы мен басқарылуын арттыру жол қозғалысының белсенді қауіпсіздігін арттырмайтындығы көрсетілген. Бұл шаралар тек жүргізуші көлікті қауіпсіз басқара алатын шекараларды жылжытады. Қозғалыс қауіпсіздігін сипаттайтын автомобильді пайдалану сапасының параметрлері анықталды. Қозғалыс қауіпсіздігінің әртүрлі деңгейлеріне сәйкес келетін автомобильді пайдалану сапасы параметрлерінің мәндері анықталды. Ұсынылған автомобиль жұмысының сапа параметрлерін жүргізушілер мен жол полициясының қозғалыс режимдерінің қауіпсіздігін бақылау үшін пайдалану үшін компьютер осы параметрлерді автомобильдің стандартты қалдықтары ретінде есептеу үшін қолданылуы керек. Жүргізілген зерттеулер жүргізу режимінің қауіпсіздігін сипаттайтын көлікті жүргізу сапасының үш көрсеткішін бөліп көрсетуге мүмкіндік берді: максималды жылдамдық – жылдамдық коэффициенті деп аталатын орташа жылдамдықтың максимумға қатынасы, көлік ағындарының теориясында жеделдету шуы деп аталатын көлік құралының бойлық үдеуінің орташа мәннен стандартты ауытқуы. Жүргізу сапасының жоғарыда көрсетілген көрсеткіштері сапар басталған сәттен бастап өлшенеді.*

*Кілтті сөздер: жүйенің қауіпсіздігі, жол-көлік оқиғасы, маневр жасау процесі, көлік ағыны, қауіпсіз режим, қауіпсіз қозғалыс шекаралары.*

**\*Ж. Т. Нүсіпбек<sup>1</sup>, Н. Б. Жаркенов<sup>2</sup>, А. Н. Қоңқыбаева<sup>3</sup>,  
Д. Н. Сәрсенбаев<sup>4</sup>, А. Р. Мукашева<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3,4,5</sup>Қазақский агротехнический университет имени С. Сейфуллина,

Республика Казахстан, г. Нур-Султан.

Материал поступил в редакцию 17.03.22.

Анализ механических событий на дороге был проведен, и было показано, что улучшение дорожных условий и повышение качества и скорости вождения, а также стабильность и способность контролировать повышают безопасность дорожного движения. Эти меры только показывают местные границы за пределы безопасного вождения водителя. Качественные параметры эксплуатации транспортного средства определяются определением безопасности дорожного движения. Определяется значение параметров качества эксплуатации транспортного средства, которое соответствует различным уровням безопасности дорожного движения. Для определения предложений о качестве устройства, используемого для контроля безопасных режимов вождения водителем и сотрудниками дорожной полиции, компьютер должен служить стандартным автомобилем для расчета используемых параметров. Проведенные исследования позволили нам определить три показателя качества колеса, принимая во внимание техническую безопасность режима вождения: высокое соотношение скоростей, максимальная скорость, называемая максимальной скоростью передачи, называемая максимальной скоростью передачи, величина ускорения квадрата, среднее значение, создающее шум, ускорение в теории движения. Постоянные индикаторы измеряют качество вождения с самого начала поездки.

Ключевые слова: безопасность системы, дорожно-транспортное происшествие, процесс выполнения маневра, транспортный поток, безопасный режим, границы безопасного движения.

МРНТИ 61.51.17

<https://doi.org/10.48081/TBYC5161>\*З. Ж. Рахимова<sup>1</sup>, К. Х. Жапаргазинова<sup>2</sup><sup>1,2</sup>Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРИМЕСЕЙ В СЫРЬЕ НА РАБОТУ КАТАЛИЗАТОРА ПРОЦЕССА ГИДРООЧИСТКИ НЕФТЯНЫХ ФРАКЦИЙ

В статье описано возможное воздействие примесей, таких как соединения серы, азота, мышьяка, никеля, ванадия, кремния, содержащихся в используемом сырье на работу катализатора процесса гидроочистки нефтяных фракций. Представлены результаты эксперимента, в ходе которого рассматривалась установка гидроочистки в режиме получения гидроочищенного дизельного топлива. Указаны параметры, необходимые для оценки работы катализатора, к которым относятся средневзвешенная температура по реактору, расход смешанного сырья и индивидуальных компонентов, смешанное сырье и индивидуальные компоненты: содержание серы и азота, плотность, фракционный состав, содержание ароматических соединений, содержание примесей, бромированное число и цетановое число. Исследовано влияние примесей в используемом сырье на кобальтмолибденовый катализатор ТК-570. В работе отображены результаты экспериментальных испытаний по определению серосодержащих, азотсодержащих, металло-содержащих примесей, среднего содержания ароматических соединений в сырье, результаты определения фракционного состава сырья. Графически показано содержание азотсодержащих, серосодержащих примесей в сырье за период испытаний. С применением кинетической модели для кобальтмолибденового катализатора по данным нормализованной средневзвешенной температуры была определена его скорость дезактивации для оценки воздействия примесей, содержащихся в сырье.

Ключевые слова: примеси в сырье, дезактивация катализатора, процесс гидроочистки, серосодержащие примеси, азотсодержащие примеси, металлосодержащие примеси.

#### Введение

Процессом, на примере которого были исследованы негативные влияния примесей в сырье, является процесс гидроочистки нефтяных фракций. Сырьем процесса являются бензиновые, керосиновые и дизельные фракции.

Именно в этих фракциях в наибольших количествах концентрируются серо-, азоторганические и другие опасные соединения, привносимые при добыче, подготовке и транспортировке нефти.

В мировой практике для процесса гидроочистки дизельного топлива наибольшее распространение получили кобальт-молибденовые, никельмолибденовые и смешанные никелькобальт-молибденовые катализаторы. Наиболее распространен кобальтмолиб-деновый катализатор гидроочистки (2–4 % CoO и 9–15 % MoO<sub>3</sub>) [1].

Активность катализаторов каталитических процессов в ходе эксплуатации постепенно снижается из-за накопления неудаляемых катализаторных ядов, отложений кокса, вследствие влияния примесей, содержащихся в используемом сырье.

#### Материалы и методы

Соединения серы и азота являются катализаторными ядами. Соединения серы гидрируются на катализаторах с образованием сероводорода, адсорбция которого приводит к подавлению гидрирующей функции катализатора и его быстрому закоксовыванию. Азотсодержащие основания способствуют дезактивации катализатора посредством предпочтительной адсорбции на активных центрах и замедляют процесс активации водорода. Кроме того, длительная адсорбция азотсодержащих соединений уменьшает доступ другим реагирующим молекулам к каталитическим центрам. При непродолжительном воздействии соединений серы и азота возможна полная реактивация катализатора [2].

К неудаляемым катализаторным ядам относятся соединения мышьяка, никеля, меди и свинца, которые могут содержаться в сырье. Накапливаясь на поверхности катализатора, эти соединения нарушают гидрирующую функцию катализатора. Катализаторы, отравленные металлами, быстро закоксовываются и после регенерации не восстанавливают своей активности. Влияние таких металлов, как никель и ванадий, содержащихся в сырье и/или осевших на катализатор в процессе переработки сырья, проявляется в очень неблагоприятном воздействии на активность катализатора и селективность производства продуктов и в столь же вредном воздействии на срок службы катализатора. Металлы в сырье приводят к забиванию пор, блокировке активных центров; уменьшают механическую прочность катализатора, оказывают неблагоприятное воздействие на стабильность и кристалличность катализатора [3,4].

Также отрицательным воздействием на катализатор является кремний. Кремний является сильным каталитическим ядом, необратимо отравляющим активные центры катализатора. Превышение норм по содержанию кремния в сырье может привести к преждевременному заполнению катализаторов защитных слоев-ловушек кремния и проскоку кремния в слой основного катализатора. Проскок кремния и накопление всего 1 % масс. кремния на основном катализаторе приводит к увеличению скорости дезактивации и сокращению его работы в долгосрочной перспективе [5].

К параметрам, необходимым для оценки работы катализатора относятся рабочие условия (средневзвешенная температура по реактору, расход смесового сырья и индивидуальных компонентов, расходы продуктов и газов, давление на входе и выходе из реакторов); смесовое сырье и индивидуальные компоненты

(содержание серы и азота, плотность, фракционный состав, содержание ароматических соединений, содержание примесей, бромное число и цетановое число); свойства продуктовых фракций [6].

В период проводимого эксперимента установка гидроочистки эксплуатировалась в режиме получения гидроочищенного дизельного топлива. Сырьевая смесь была представлена следующими компонентами: прямогонное дизельное топливо, легкий газойль и бензин с установки замедленного коксования, легкий газойль каталитического крекинга, дизельное топливо с установки гидроочистки вакуумного газойля. Применяемый катализатор представляет собой кобальтмолибденовый катализатор ТК-570, обладающий высокой активностью в гидрообессеривании [7].

Скорость дезактивации катализатора в ходе испытаний определялась исходя из динамики развития средневзвешенной температуры, скорректированной с применением кинетической модели для катализаторов данной серии, т.е. нормализованной относительно проектных рабочих параметров и свойств сырья.

Одним из факторов, которые могут привести к росту дезактивации катализатора является повышение содержания азотсодержащих, серосодержащих, металлосодержащих примесей в сырьевой смеси [8].

#### Результаты и обсуждение

В ходе проводимого эксперимента были получены следующие данные о свойствах сырьевой смеси:

- содержание серо- и азотсодержащих примесей в сырье;
- фракционный состав и плотность сырья;
- содержание ароматических углеводородов в сырье;
- содержание металлов (Ni, V).

Содержание серосодержащих (по методике измерения ASTM D4629) и азотсодержащих примесей (по методике измерения ASTM D5453) в сырье приведено в таблице 1. Среднее значение фракционного состава сырья (по методике измерения ASTM D86) и среднее содержание ароматических соединений по месяцам эксперимента указано в таблице 2 [9].

Таблица 1 – Содержание серо-, азотсодержащих примесей в сырье

Период	Нормализованная средневзвешенная температура °С	Плотность сырья, кг/м <sup>3</sup>	Содержание серосодержащих примесей, % масс.	Содержание азотсодержащих примесей, ppm
январь	331,39	836,68	0,7916	214,33
февраль	324,18	837,47	0,7261	239,18
март	336,68	836,63	0,6577	199,53
апрель	340,97	839,06	0,7318	234,60
май	336,05	836,45	0,7914	160,32

Примечание – Данные представляют собой среднее значение за указанный период (за май месяц установка эксплуатировалась 10 дней вследствие плановой остановки)

Средняя плотность сырья составила 837 кг/м<sup>3</sup>, среднее содержание серы – 0,73 % масс, при максимальном содержании серы 1,17 % масс., что является неблагоприятным фактором эксплуатации установки. Среднее содержание азота в смеси в среднем составило 216 ppm масс., при максимальном значении до 292 масс. ppm, что является неблагоприятным фактором эксплуатации установки [9].

Таблица 2 – Ароматический, фракционный состав сырья

Период	Ароматический состав			Фракционный состав					
	Моно, масс. %	Ди, масс. %	Поли, масс. %	0%, °C	10%, °C	30%, °C	50%, °C	90%, °C	100%, °C
январь	20,53	3,42	0	74,8	197,27	243,1	266,83	324,67	352,97
февраль	23,11	4,59	0	74,15	193,89	246,81	271,04	332,30	358,81
март	21,44	4,42	0	75,47	196,53	238	263,9	328,07	354,93
апрель	23,11	4,49	0	76	202,9	246,4	270,2	330,9	356,83
май	21,03	4,95	0	83,8	198,6	240,4	264	327,9	355,4

Примечание – Данные представляют собой среднее значение за указанный период (за май месяц установка эксплуатировалась 10 дней вследствие плановой остановки)

Содержания ванадия, никеля в составе сырья за период экспериментальных испытаний практически не обнаружено. По методике измерения UOP 389 содержание никеля составило 0,002 ppm, содержание ванадия менее 0,001 ppm.

Содержание серо- и азотсодержащих примесей за период испытаний представлено на рисунках 1,2. С помощью представленных диаграмм можно наглядно наблюдать различия значений содержания серо- и азотсодержащих примесей в зависимости от периода испытаний.

К дезактивации катализатора может привести приводит: образование кокса на поверхности катализатора; отравление катализатора каталитическими ядами; повышение содержания серо-, и азотсодержащих соединений в сырьевой смеси; аварийные остановки, способные привести к дезактивации катализатора и др.

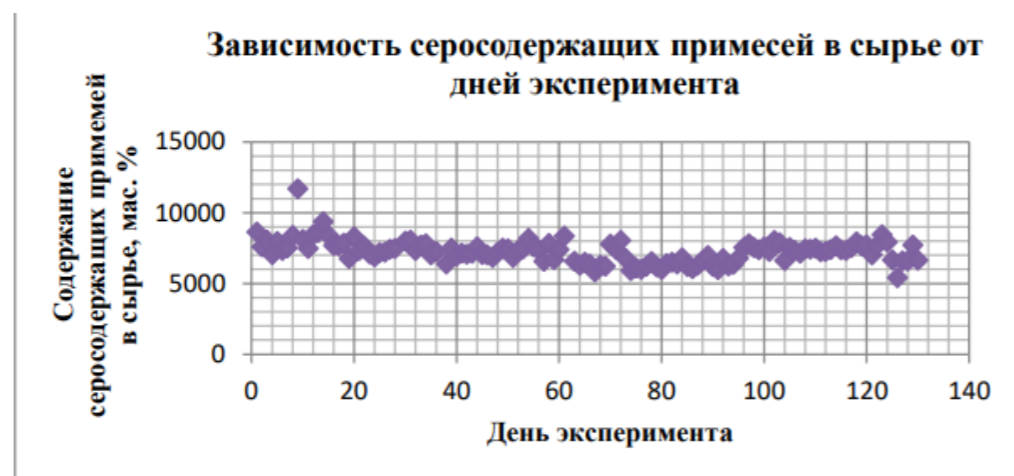


Рисунок 1 – Содержание серосодержащих примесей в сырье за период испытаний

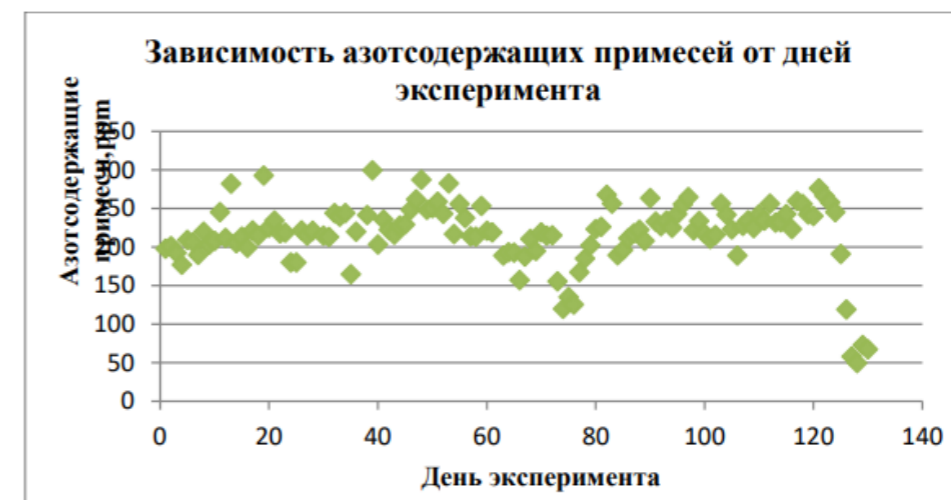


Рисунок 2 – Содержание азотсодержащих примесей в сырье за период испытаний

По характеру изменений нормализованной средневзвешенной температуры можно определить скорость дезактивации катализатора. Нормализованная температура рассчитывается на основании средневзвешенной температуры с учетом изменений рабочих условий и свойств сырьевой смеси. Скорость дезактивации катализатора определяется исходя из динамики развития средневзвешенной температуры, скорректированной с применением кинетической модели, т.е. нормализованной относительно проектных рабочих параметров и свойств сырья.

Скорость дезактивации катализатора определяется как угол наклона линейной (либо экспоненциальной) линии тренда, проведенной по отношению к кривой, описывающей изменение нормализованной средневзвешенной температуры во времени (рисунок 3) [7].

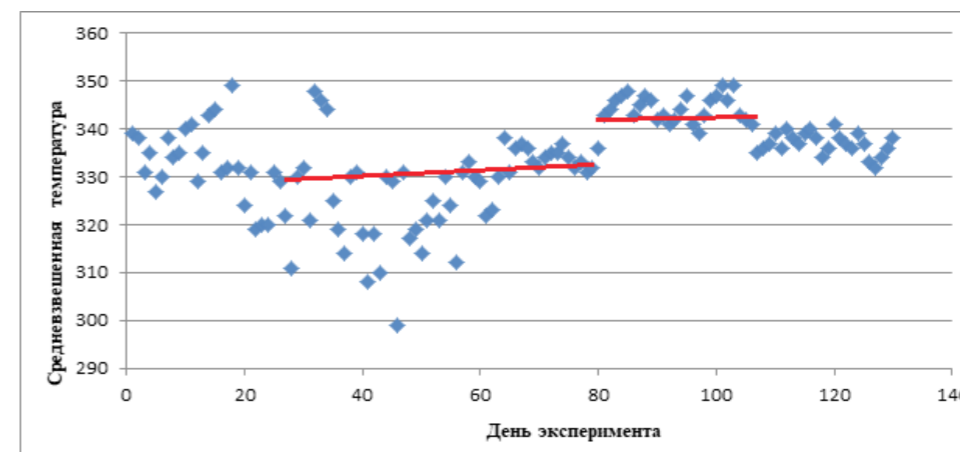


Рисунок 3 – Определение скорости дезактивации кобальтмолибденового катализатора ТК-570



Наблюдаемая скорость дезактивации катализатора в период эксперимента составила не более 0,7 °С/месяц.

Повышенное содержание азотсодержащих примесей приводит к увеличению остаточного содержания серы в продукте, что требует повышения реакционной температуры для сохранения качества продукта и приводит к экономическим потерям. Соединения азота способны ингибировать реакции гидрообессеривания и насыщения ароматических соединений, что приводит к необходимости увеличения рабочих температур для получения продукции требуемого качества, а также к ускорению дезактивации катализатора и сокращению температурного интервала эксплуатации установки.

#### Выводы

Во время проведенного эксперимента катализатор гидроочистки демонстрировал стабильную работу, однако, некоторое утяжеление сырьевых свойств, влияние примесей в сырье привело к небольшому повышению скорости дезактивации.

По полученным экспериментальным данным была определена скорость дезактивации кобальтмолибденового катализатора ТК-570, которая составила 0,7 °С/месяц. В ходе эксперимента наблюдалось максимальное содержание серы 1,17 % масс., азота – 292 масс. ppm, что является неблагоприятными факторами эксплуатации установки. Серосодержащие примеси приводят к подавлению гидрирующей функции катализатора и его быстрому закоксовыванию. Влияние соединений азота приводит к необходимости увеличения рабочих температур, а также к ускорению дезактивации катализатора и сокращению температурного интервала эксплуатации установки.

При увеличении содержания примесей в сырьевой смеси существует риск большего увеличения скорости дезактивации катализатора в долгосрочной перспективе. Увеличение скорости дезактивации может привести к снижению активности и селективности катализатора в процессе его эксплуатации.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Солодова Н. Л., Нурмухаметова А. Р. Катализаторы гидроочистки // Вестник технологического университета. – 2017. – № 10. – С. 53–57.
- 2 Алиев Р. Р. Катализаторы и процессы переработки / Р. Р. Алиев. – М. : Москва, 2010. – 308 с.
- 3 Болдушевский Р. Э. Гидродеметаллизация тяжелого нефтяного сырья на нанесенных мезомакропористых Ni(Co)Mo-сульфидных катализаторах : Диссертация на соискание ученой степени кандидата химических наук. – М. : РГУ им. Губкина, 2019. – 129 с.
- 4 Капустин В. М., Рудин М. Г. Химия и технология переработки нефти / В. М. Капустин, М. Г. Рудин. – М. : Химия, 2013. – 496 с.
- 5 Ахметов С. А., Сериков Т. П. Технология и оборудование процессов переработки нефти и газа / С. А. Ахметов. – СПб. : Недра, 2006. – 868 с.

6 Колесников И. М. Катализ в газонефтяной отрасли. – М. : Издательство РГУ им. И.М. Губкина, 2012. – 471 с.

7 Матюшонко Н.А. Совершенствование процесса гидроочистки дизельного топлива путем подбора более эффективного катализатора // Вестник магистратуры. – 2019. – № 3. – С. 45–47.

8 Рябов В. Д. Химия нефти и газа. – М. : Форум», 2009. – 336 с.

9 ТОО «ПНХЗ». Отчет о работе установки гидроочистки дизельного топлива, 2020. – 12 с.

10 ASTM D4629-12 Стандартный метод определения следовых количеств азота в жидких нефтяных углеводородах методом введения пробы шприцем, окислительного сжигания и хемилюминисцентного обнаружения. – ASTM International, 2012. – 8 с.

11 ASTM D5453-12 Стандартный метод определения общего содержания серы в легких углеводородах, топливе для двигателей с искровым зажиганием и дизельных двигателей, а также в моторных маслах методом ультрафиолетовой флуоресценции. – ASTM International, 2012. – 16 с.

12 ASTM D5186-09 Стандартный метод определения содержания ароматических соединений и полициклических ароматических углеводородов в дизельных моторных и авиационных турбинных топливах с помощью сверхкритической флюидной хроматографии, ASTM International, 2009. – 14 с.

#### REFERENCES

- 1 Solodova N. L., Nurmuhametova A. R. Katalizatory gidroochistki [Hydrotreatment catalysts] // Vestnik tehnologicheskogo universiteta. – 2017. – № 10. – P. 53 – 57.
- 2 Aliev R. R. Katalizatory i processi pererabotki nefli [Catalysts and refinery processes – Moscow : Moskva, 2010. – 308 p.
- 3 Boldushevsky R. E. Gidrometallizaciya tyazhelogo neftyanogo sirya na nanesenih mezomarkoporistih Ni(Co)Mo-sulfidnih katalizatorah [Hydrodemetallization of heavy oil feedstock on supported mesomacroporous Ni (Co) Mo-sulfide catalysts]. – Moscow : RSU im. Gubkina, 2019 . – 129 p.
- 4 Kapustin V. M., Rudin M. G. Khimiya i tekhnologiya pererabotki nefli [Chemistry and technology of oil refining]. – Moscow : Chemistry, 2013 . – 496 p.
- 5 Ahmetov S. A., Serikov T. P. Tehnologiya i oborudovanie procesov pererabotki nefli i gaza [Technology and equipment for oil and gas processing processes]. – Sankt-Peterburg : Nedra, 2006. – 868 p.
- 6 Kolesnikov I. M. Kataliz v gazonefityanoi otrasli [Catalysis in the oil and gas industry] – Moscow : Izdatelstvo RGU im. I. M. Gubkina, 2012. – 471 p.
- 7 Matyshonok N. A. Sovershenstvovanie processa gidroochistke dizelnogo topliva putem podbora bolee effektivnogo katalizatora [Improving the process of hydrotreating diesel fuel by selecting a more efficient catalyst] // Vestnik magistraturi. – 2019. – № 3. – P. 45–47.

8 **Ryabov V. D.** Himiya nefti i gaza [Chemistry of oil and gas]. – Moscow : Forum, 2009. – 336 p.

9 «Pavlodar Oil Chemistry Refinery» LLP. Otchet o rabote ustanovki gidroochistki dizelnogo topliva [Report on the operation of the diesel fuel hydrotreating unit]. – 2020. – 12 p.

10 ASTM D4629-12 Standartnii metod opredeleniya sledovih kachestv azota v jidkih neftyanih uglevodorodah metodom vvedeniya probi shpicem, okislitel'nogo sjiganiya i hemolyuminiscentnogo obnaruzheniya [Standard method for determining trace amounts of nitrogen in liquid petroleum hydrocarbons by injection of a sample with a syringe, oxidative combustion and chemiluminescent detection]. – ASTM International, 2012. – 8 p.

11 ASTM D5453-12 Standartnii metod opredeleniya obshego sodержaniya seri v legkih uglevodorodah, toplive dlya dvigateley s iskrovim zajiganiem i dizel'nyh dvigateley, a takje v motornih maslah metodom ultrafioletovoi fluorecencii [Standard method for determining the total sulfur content in light hydrocarbons, spark ignition engine fuel and diesel engines, as well as in motor oils by ultraviolet fluorescence]. – ASTM International, 2012. – 16 p.

12 ASTM D5186-09 Standartnii metod opredeleniya sodержaniya aromaticheckih soedinenii i policiklicheckih aromaticheckih uglevodorodov v dizel'nyh motornih i aviacionnih turbinnih toplivah s pomoshu sverhkriticheskoi fluidnoi hromatografii [Standard method for determining the content of aromatic compounds and polycyclic aromatic hydrocarbons in diesel engine and aviation turbine fuels using supercritical fluid chromatography]. – ASTM International, 2009. – 14 p.

Материал поступил в редакцию 17.03.22.

\***З. Ж. Рахимова<sup>1</sup>, К. Х. Жапаргазинова<sup>2</sup>**

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

Материал баспаға 17.03.22 түсті.

### МҰНАЙ ФРАКЦИЯЛАРЫ ГИДРОТАЗАЛАУ ПРОЦЕСІНІҢ КАТАЛИЗАТОРЫНЫҢ ЖҰМЫСЫ ҮШІН ШИКІЗАТТАРДАҒЫ ҚОСПАЛАРДЫҢ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ

Мақалада мұнай фракцияларын гидротазарту процесінің катализаторының жұмысына қолданылатын шикізат құрамындағы күкірт, азот, мышьяк, никель, ванадий, кремний қосылыстары сияқты қоспалардың ықтимал әсері сипатталған. Эксперименттің нәтижелері ұсынылды, оның барысында гидротазартылған дизель отынын алу режимінде гидротазарту қондырғысы қарастырылды. Катализатордың жұмысын бағалау үшін қажетті параметрлер көрсетілген, оларға реактор бойынша орташа өлшенген температура, қоспа шикізаты мен жеке компоненттердің шығыны, қоспа шикізаты мен жеке компоненттер: Күкірт пен азоттың құрамы, тығыздығы, фракциялық құрамы, хош иісті қосылыстардың құрамы, қоспалардың құрамы,

бромдық сан және цетандық Сан жатады. Қолданылатын шикізаттағы қоспалардың ТК-570 кобальтмолибден катализаторына әсері зерттелді. Жұмыста құрамында күкірт бар, азот бар, құрамында металл бар қоспаларды, шикізаттағы хош иісті қосылыстардың орташа құрамын анықтау бойынша эксперименттік сынақтардың нәтижелері, шикізаттың фракциялық құрамын анықтау нәтижелері көрсетілген. Сынақ кезеңінде шикізаттағы құрамында азот бар, күкірт бар қоспалардың құрамы графикалық түрде көрсетілген. Кобальтмолибден катализаторына арналған кинетикалық модельді қолдана отырып, қалыпты орташа өлшенген температура деректері бойынша оның құрамындағы қоспалардың әсерін бағалау үшін залалсыздандыру жылдамдығы анықталды.

Кілтті сөздер: шикізаттағы қоспалар, катализаторды дезактивациялау, гидротазалау процесі, құрамында күкірт бар қоспалар, құрамында азот бар қоспалар, құрамында металл бар қоспалар.

\***Z. Zh. Rakhimova<sup>1</sup>, K. K. Zhapargazinova<sup>2</sup>**

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

Material received on 17.03.22.

### STUDY OF THE EFFECT OF IMPURITIES IN RAW MATERIALS FOR THE OPERATION OF THE CATALYST OF THE PROCESS OF HYDROTREATMENT OF OIL FRACTIONS

The article describes the possible effect of impurities, such as compounds of sulfur, nitrogen, arsenic, nickel, vanadium, silicon contained in the raw materials used on the operation of the catalyst for the hydrotreating of oil fractions. The results of an experiment during which a hydrotreating unit was considered in the mode of obtaining hydrotreated diesel fuel are presented. The parameters necessary to evaluate the operation of the catalyst are indicated, which include the weighted average temperature of the reactor, the consumption of mixed raw materials and individual components, mixed raw materials and individual components: sulfur and nitrogen content, density, fractional composition, aromatic compounds content, impurity content, bromine number and cetane number. The effect of impurities in the raw materials used on the cobalt-molybdenum catalyst TK-570 has been investigated. The paper presents the results of experimental tests to determine sulfur-containing, nitrogen-containing, metal-containing impurities, the average content of aromatic compounds in raw materials, the results of determining the fractional composition of raw materials. Graphically shows the content of nitrogen-containing, sulfur-containing impurities in the raw materials during the test period. Using a kinetic model for a cobalt-molybdenum catalyst, according to the normalized weighted average temperature, its decontamination rate was determined to assess the impact of impurities contained in the raw materials.

Keywords: impurities in feedstock, catalyst deactivation, hydrotreating process, sulfur-containing impurities, nitrogen-containing impurities, metal-containing impurities.

\*П. А. Таңжарықов<sup>1</sup>, Г. Б. Амангельдиева<sup>2</sup>, А. Ж. Тлеуберген<sup>3</sup>,  
А. Н. Байкожин<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті,  
Қазақстан Республикасы Қызылорда қ.

### КҮКІРТ ҚЫШҚЫЛЫ ӨНДІРІСІНДЕГІ ТЕХНИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІҢ СЕНІМДІЛІГІН АРТТЫРУ

Қазақстанда шикізаттарды өндіру көлемі жыл өткен сайын қарқынды өсуде. Химико-технология саласының техникалық жүйелерін пайдаланудың сенімділік деңгейі өндірістің тиімділігін арттыру, өндірістік шығындарды азайтумен тікелей байланысты, мысалға энергетикалық ресурстарға және жөндеу, қалтына келтіру жұмыстарына және тағы да басқа жұмыстар. Ал бұл жұмыстар өнеркәсіп қондырғыларының техникалық жағдайына, яғни қондырғылар сенімділігі мен техникалық диагностика әдістемелерін арттыруға байланысты іс шараларды дұрыс жүргізуге байланысты болады.

Мұндай жағдайда химико-технология саласында қолданылатын әдістемелер мен техникалық жабдықтарды жетілдіруге арналған ғылыми жұмыстарды дайындау мәселелері туындайды. Өндірістік объектілердің сенімділігі мен қауіпсіздігін арттырудағы ғылымның ролі ерекше, сондықтан химико-технологиялық жүйелердегі апаттардың алдын алу өзекті мәселе болып табылады. Техникалық жүйелердің сенімділігін анықтау үшін бастапқы өлшемдердің физикалық мәнін – шығын, қысым, температура, электрлік өлшемдерді білу қажет. Химико-технологиялық қондырғылары жұмыстарының сенімділігін анықтаудың өзіне тән бірнеше қасиеттері бар. Үлкен кеңістікте орналасқан жұмыс орындары, ауыр табиғи жағдайлар, шарттары өзгеріп тұратын технологиялар, тұрақты жұмыс жасайтын қондырғыларды істен шығарады. Сол себепті сенімділік параметрлерін жорамалдау кезінде істен шығуды модельдеу үлкен роль атқарады.

Кілтті сөздер: күкірт қышқылы, айдау сораптары, химико-технологиялық агрегаттар, сенімділік, күкірт қышқылы өндірісі.

#### Кіріспе

Техникалық жүйелердің сенімділігін анықтау үшін бастапқы өлшемдердің физикалық мәнін – шығын, қысым, температура, электрлік өлшемдерді білу қажет. Сенімділіктің негізгі көрсеткіштеріне ұзақ жұмыс жасауы, істен шықпауы, жөндеуге қабілеттілігі және сақталуы жатады [1].

Қазіргі уақытта, еңбек жағдайларын онтайландыру және кәсіпорын объектілерінің дамуын болжау үшін, шикізат өндіру мен тасымалдау процестерін модельдеу үшін дамыған математикалық әдістер бар. Сондықтан жұмыстың

мақсаты химико-технологиялық жүйелердің жұмыс жасау мүмкіншілігін бағалау әдістемесінің жаңа элементтерін дайындау болып табылады. Қазіргі кезде қондырғылардың сенімділігін анықтау үшін статистикалық әдістер кеңінен пайдаланылады. Қондырғының жұмыс міндетіне қарай және конструкцияның пайдалануына және ерекшелігіне сай сенімділік (С) бірнеше қасиеттерге ие: Істен шықпаушылық (ІШ), ұзақ жұмыс істеу (ҰЖІ), жөндеуге қабілеттілік (ЖҚ), тұрақтылық (Т), яғни

$$C=f(ІШ,ҰЖІ,ЖҚ,Т) \quad (1)$$

Статистикалық модельдеудің негізгі есептеріне кездейсоқ сандардың заңдылықтары мен параметрлерінің таралуы жатады, мысалға бөлшектер мен жүйенің істен шықпай жұмыс жасауы, істен шығу ағыны, жөндеуге сұраныстар және тағы басқа болып табылады. Істен шығу туралы статистикалық материалдарды өңдеу негізінде, [2,3] жұмыстың авторлары қондырғылардың түрі мен жұмыс жасау шартына сәйкес істен шықпай жұмыс жасауының мүмкін заңдылықтарының таралуын анықтады. Мұндай алынған статистикалық заңдылықтар, жүйелерді игеруде пайдалану сенімділігін арттыру үшін, қондырғылардың қалған жұмыс жасау мүмкіншілігін жорамалдауға, қондырғыларды алдын ала жөндеуге және басқа да техникалық ұйымдастыру іс шараларын жүргізуге мүмкіншілік береді. [4] Жұмыста химия саласындағы өндірісте жобалық жоспарларын тек 70% орындағандары туралы мәліметтер келтірілген. Мұндай жағдайдың негізгі себептері өндірістің кенеттен жоспарсыз тоқтап қалуы болып табылады.

Сенімділік теориясының ықтималдық сипаты-техникалық объект өзінің нормативті қызмет жасау уақытының көп бөлімінде дұрыс жұмыс жасау кезеңінде болады да, істен шықпау уақыты кездейсоқ оқиға болады.

Мұнан басқа шаршау мен қартаю кезеңінде әрбір объектінің істен шығу уақытын болжауға болады, яғни ол кездейсоқ жағдай емес, ал заңды сипаты бар, бірақ та дәл істен шығу уақытын айта алмағандықтан, ол да кездейсоқ сан болып есептеледі [5].

Оқиғаның ықтималдығы деп орындалатын оқиғаның, барлық мүмкін оқиға санына бөлгенге тең мәнді айтамыз.

$$P = N_1/N \quad (2)$$

Мұнда  $N_1$  – жайлы оқиғалар саны;  $N$  – барлық оқиғалар саны.

Ақиқат оқиғалардың санының ықтималдығы тең 1, болмайтын оқиғаның ықтималдығы тең 0. Сондықтан кез келген кездейсоқ оқиғаның ықтималдығы 0 мен 1 аралығында болады. Жүйенің жалпы сенімділігі, жүйе құрамындағы элементтердің сенімділігінен және олардың жүйеге қосылу әдісіне байланысты болады. Сонымен негізгі мақсат–жеке элементтердің сенімділігін анықтап, сол арқылы бүкіл жүйенің көрсеткіштерін анықтау. Элементтер байланысының екі түрі бар [5–6] : тізбектей және параллельді. Тізбектей байланыста жүйенің бір элементінің істен шығуы бүкіл жүйенің істен шығуына әкеледі. Егер  $n$  элементтен тұратын жүйенің әрбір элементінің істен шықпай жұмыс жасауы тәуелсіз оқиға болса, онда бүкіл жүйенің істен шықпай жасау ықтималдығы тең:

$$P_c(t) = P_1(t) P_2(t) \dots * P_n(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t) \quad (3)$$

Егер  $n$  элементтен тұратын жүйенің әрбір элементінің істен шықпай жұмыс жасауы тәуелсіз оқиға болса, және бүкіл жүйенің параллель қосылған элементтерінің сенімділігі бірдей болса, онда оның ықтималдығы тең:

$$P_c(t) = 1 - [1 - P(t)]^n \quad (4)$$

Еселік коэффициенті  $K$  тең:

$$K = (m - r) / r \quad (5)$$

мұнда,  $m$  – жүйедегі элементтердің жалпы саны;

$r$  – қалыпты жұмыс жасау үшін қажет элементтер саны.

Сонымен, жеңілдетілген резервтің сенімділігі толық жүктелген резервтің сенімділігінен артық болса, толық жүктелмегендікі жеңілдетілгенге қарағанда жоғары болады [7–8]. Артық заттарды енгізген кезде қажетті сенімділікті алу үшін қанша резервтік элементтер қажет деген сұрақ туады. Толық жүктелген резервтер үшін, бұл есепті бірдей элементтердің параллель байланысы өрнегі көмегімен шешеміз:

$$P_c(t) = 1 - [1 - P_3(t)]^x \quad (6)$$

мұнда,  $X$  – элементтердің қажетті саны;

$P_c(t)$  – жүйенің сенімділік мәні;

$P_3(t)$  – элементтердің сенімділігі.

Сонымен:

$X = \ln[1 - P_c(t)] / \ln[1 - P_3(t)]$ , (6)  $X$  тің дөңгелектеген бүтін мәнін алу керек. Кездейсоқ мәндердің таралуының аналитикалық өрнегін жасау өте қиын, сондықтан жобалау кезінде пайдалануға бұл әдістер барлық уақытта жарай бермейді. Негізінде кездейсоқ мәндердің таралу заңдылығы белгілі болса, зерттеп отырған объектінің істен шықпай жұмыс жасауының ықтималдығын анықтауды математикалық түрде көрсету аса қиын емес. Бұл жағдайда:

$$P(X_{min} < X < X_{max}) = R = \int_{x_{min}}^{x_{max}} f(x) dx \quad (7)$$

мұнда,  $R$  – сенімділік, яғни белгілі бір  $X_{min} > X_{max}$  аралығында  $X$  кездейсоқ санын анықтау ықтималдығы, яғни, сенімділікті есептеу бір  $X$  немесе бірнеше  $X_1, X_2, \dots, X_n$  кездейсоқ сандарының теориялық үздіксіз және дискретті ықтималдығының тығыздығын анықтау керек. Есептеу үшін  $f(X)$  таралуын анықтау керек.

Химико-технологиялық процестерді модельдеу және оптимизациялау туралы жұмыстарда екі кезеңді атап көрсетуге болады. Бастапқыда олар схеманың жеке аппараттарына байланысты дамиды (реакторлар, ректификациялық колонналар және т.б.). Бірақта, химиялық технологияның процестері бір-бірімен байланысып өз ара әсерлесетін аппараттардан және үдерістерден тұрады. Басқа аппараттармен байланысын ескермей, бір ғана аппаратты оптимизациялау, процесті тиімді режимге әкелмеуі мүмкін.

#### Материалдар мен әдістер:

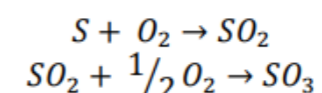
А. Н. Байкожинның [9] жұмыстарында математикалық әдістермен технологиялық процестің оптимальды режимін есептеуге арналған. Бұл ғылыми еңбектерде әрбір негізгі кезеңнің, жұмыстағы химиялық реакторлармен қоса жобалауларының да статистикалық, квазистатикалық және динамикалық

оптимизациялау сипаттамалары берілген. Бұл жұмыстарда екі оптимизациялау әдісі – объектіні іздеу және математикалық модель арқылы оптимизациялау әдісі берілген. Есептеу мысалы ретінде, «Қазатөменөркәсіп» АҚ Қызылорда облысы, Жаңақорған ауданындағы күкірт қышқылын шығаратын зауыт алынды. Қазақстан Республикасында күкірт қышқылын өндіретін бірден бір кәсіпорын «СКЗ-У» ЖШС болып саналады. Бұл мекеме «Казатомпром АҚ уран өндіру өндірісінің бірегейі болып есептеледі. «СКЗ-У» ЖШС құрамына күкірт қышқылы цехы, энергокомплекс, көмекші бөлімдер, күн электростанциясы кіреді. Күкірт қышқылын алу процесінің технологиялық операциялары төмендегідей сатылардан тұрады (Сурет 1) [10]:

- күкіртті газдарды шаң мен зиянды қоспалардан жуу және тазарту;
- газдарды кептіру;
- күкіртті ангидридтің күкірт ангидридіне тотығуы;
- күкірт ангидридінің сіңірілуі;
- күкірт қышқылын қоймалау және экспедициялау.

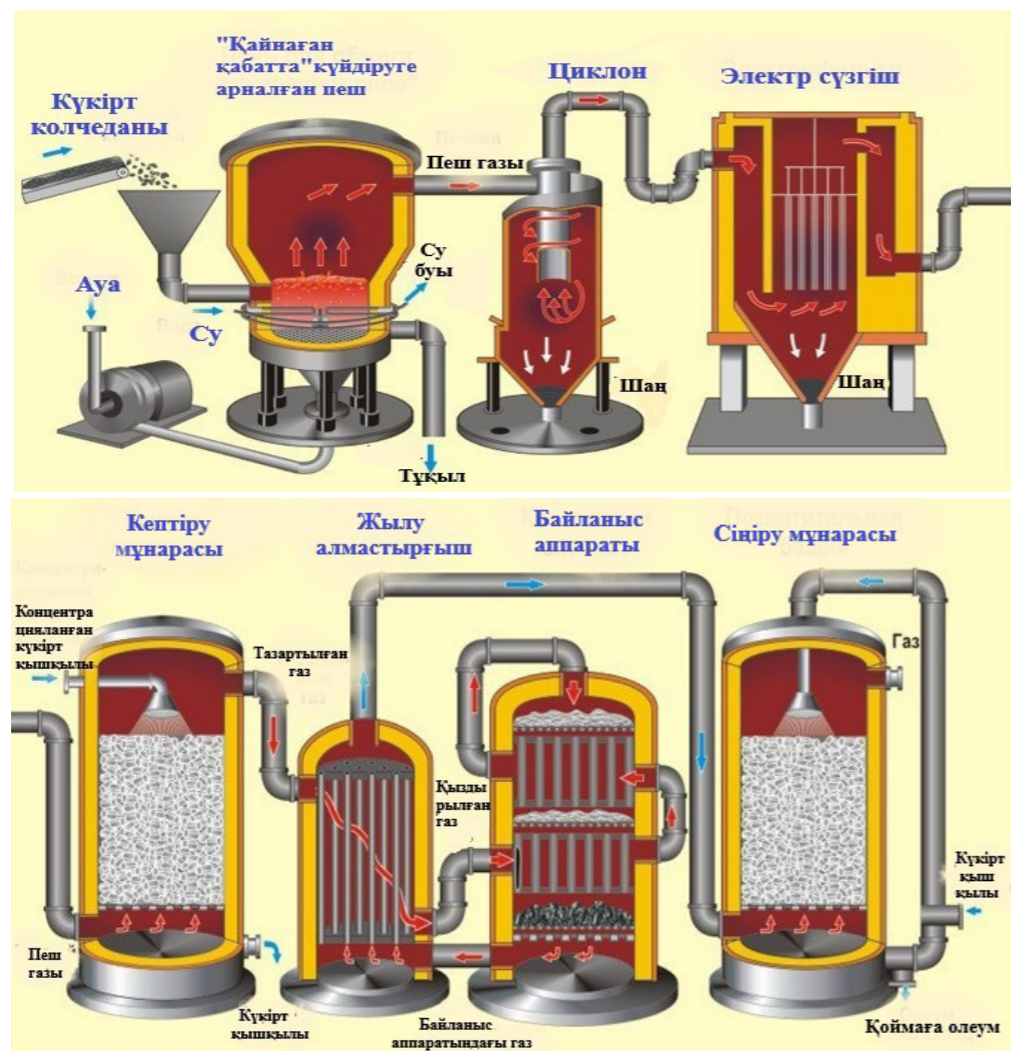
Осы күкірт қышқылын өндіру үшін қондырғы-бірқатарлы қос түрлендіру, қос абсорбациялау (DCDA) Monsanto Enviro-Chem (MECS) бір мезгілде жоғары қысымдағы қыздырылған бу өндіретін қондырғыны білдіреді. Есепті өнімділік 1500 мтд (100 %  $H_2SO_4$ ) тәулігіне 24 сағат. Жұмыс өнімділігі 50–110 % есепіден болу мүмкін. Температурасы  $40^\circ C$  градус кездегі 93-98 % концентрациясымен өндірілетін қышқыл өнімі, сұйық және түссіз. Қондырғы  $400^\circ C$  температурадағы және жоғарғы қысымдығы 43 бар (атм) қыздырылған бу өндіреді. Есепті өнімділігі 80 000 кг/сағ. Процесс 99,7 % тиімділігімен күкірттің қос тотығын, күкірт қышқылына түрлендіруге мүмкіндік береді.

Технологиялық процестің негізгі қадамдары-күкірттің қос тотығын ( $SO_2$ ) алу үшін, ауа ортасында күкіртті (S) жағу, күкірт үшқоксиді пайда болу ( $SO_3$ ) үшін, күкірттің қос тотығын оттегімен ( $O_2$ ) қосу және күкірт қышқылы бар ( $H_2SO_4$ ) ерітінді алу үшін оны сумен  $H_2O$  қосу болып табылады (2-сурет). Бұл кезде келесі химиялық реакция өтеді:



$SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$  Сыртқы жағынан тотықтыру құралы қоршаған ортаға жылу шығынын азайту үшін минералды жүн төсеніштері мен алюминий парақтарымен окшауланған. Күкірт диоксидінің ( $SO_2$ ) триоксидке ( $SO_3$ ) тотығуы реакция бойынша ванадий катализаторының қатысуымен жүреді:



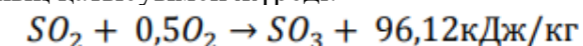


Сурет 1 – Күкірт қышқылын өндіру схемасы

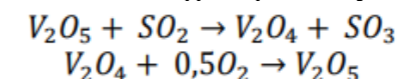


Сурет 2 – Күкірт қышқылын өндіру технологиясының блок-схемасы

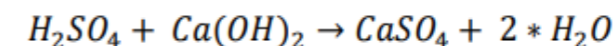
Сыртқы жағынан, тотықтыру құралы қоршаған ортаға жылу шығынын азайту үшін минералды жүн төсеніштері мен алюминий пластиналармен оқшауланған. Күкірт диоксидінің (SO<sub>2</sub>) триоксидке (SO<sub>3</sub>) тотығуы реакция бойынша ванадий катализаторының қатысуымен жүреді:



Ванадийдің байланыс массаларының белсенді компоненті – ванадий пентоксиді V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> болып табылады. Таза ванадий пентоксиді әлсіз каталитикалық белсенділікке ие, бірақ сілтілі металдардың қатысуымен күрт артады. Тотығу реакциясының механизмі келесі түрде ұсынылуы мүмкін:



Шикі зат қышқылдығын 503V2 жүктегіш және шнек конвейер 500SR1 көмегімен қажетті көлемінде Ca(OH)<sub>2</sub> қосу есебімен бейтараптандырады. Күкірт қышқылы қалдығын бейтараптандыру келесі сұйық фазада өтетін реакция жүреді:



Бейтараптандырудан кейін натрий сульфаты пайда болады, оны сүзу жолымен жояды. Пайдаланылатын материал көлемі стехиометрикалықтан екі есе асуы тиіс. Сондықтан бастапқы күкірт берудің жылдамдығы есебімен FS (кг/сағ) оның қышқылдығы (m H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (кг/кг барлығы) ) кезінде, кальций гидрототығы шығынын құрауы тиіс:

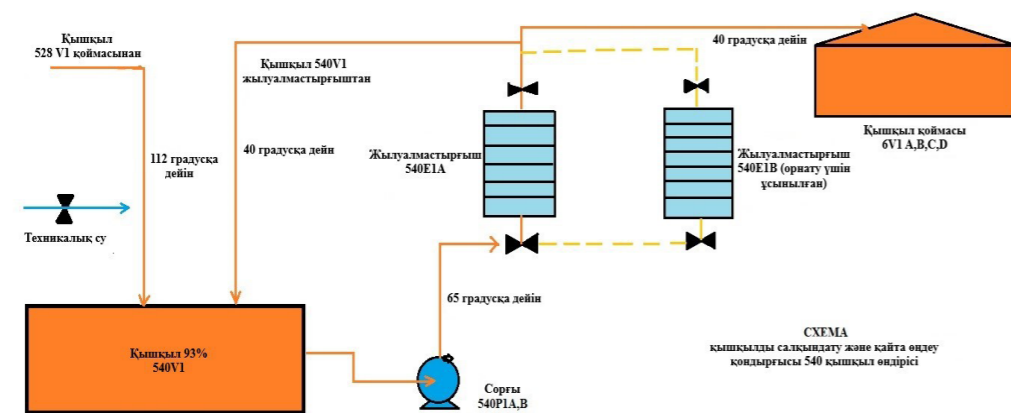
$$F_{Ca(OH)_2} = 2 * \left( \frac{PM_{Ca(OH)_2}}{PM_{H_2SO_4}} \right) * F_s \left( \frac{kg}{h} \right) * m_{H_2SO_4}$$

Онда,  $PM_{Ca(OH)_2} = 74,1 \text{кг/кмоль}$ ,  $PM_{H_2SO_4} = 98,1$  пайдаланылатын химикаттың молекулалық салмағы.

**Нәтижелер және талқылау**

Мақалада ALFA LAVAL пластиналық жылу алмастырғышымен қышқыл өндірісінің 540 блогының қышқылын салқындату қарастырылған. Бұл жағдайда параллель режимде жұмыс істеу үшін ұқсас жылу алмастырғышты сатып ала отырып, салқындатудың технологиялық схемасын өзгертіп, түйінді қайта құру және кеңейту қарастырылады. Схеманың өзгеруі екі жылу алмастырғыштың сұйықтықтарының (қышқылдың, градирнядағы судың) кіруі мен шығуының өзара алмасуынан тұрады. Ұсыныс зауытты ұзақ уақытқа тоқтатпай химиялық тазалауға арналған жылу алмастырғыштардың тізбектерін кезек-кезек шығаруға және жөндеу кезінде сұйықтықтардың кері ағынымен қосымша механикалық тазарту үшін оларды ауыстыруға мүмкіндік береді (3-сурет). Ұсыныс 540-блокқа температуралық жүктемені 10–15 градусқа төмендету есебінен тәулігіне қосымша 50 тонна қышқыл өндіруге, 540-блок құбырларының, А,В,С,Д сақтау қоймаларының, АПБ-ға қышқыл өткізгіштің, 540-сораптардың және АПБ-ға қышқыл айдау құбырларының коррозия қарқынын төмендетуге мүмкіндік

береді. Ұсыныс тұтастай алғанда 540 түйінге температуралық жүктемені азайтуға бағытталған, өйткені технологиялық регламенттің бұзылуы 540 сорғылары мен сорғыштағы құбырлардың істен шығуына әкелді, бұл төтенше жағдай мен қышқылдың төгілуін тудырады. Сорғылардың айналым жүйесіндегі қышқылдың температурасы жазда 90 градус Цельсийге дейін, (норма 65 градус) және өндірістік қышқыл 45 градусқа дейін (норма 40 градус) жетеді. Яғни бұл зауытты жиі тоқтатып, құбырларды ауыстырып, зауыттың өнімділігін төмендетуге тура келді. Статистикаға сүйене келсек жаздың ыстық кезеңінде (маусым, шілде, тамыз) жабдықтың температуралық ауытқуларға ең жоғары сезімталдығы байқалады. 2018 жылдың жазында 92 жұмыс күнінде 114 804 тонна қышқыл өндірілді, тәулігіне орташа өнімділік 1248 тонна. 2019 жылдың жазы, 74 жұмыс күні мамыр – маусым айларында зауытты жөндеуге байланысты, 113 633 тонна қышқыл өндірілді, тәулігіне орташа өнімділік 1535 тонна. 2019 жылдың жазы, 57 жұмыс күні, зауыттың шілде-тамыз айларында жөндеуге байланысты және қоймаларда авариялық деңгейлерге байланысты жөндеу алдындағы апта ескерілмегенде, 87 396 тонна қышқыл өндірілді, тәулігіне орташа өнімділік 1533 тонна. Жазғы уақытта тәулігіне 286 тоннаға өнімділіктің артуы күмән тудырады. Егер жөндеуді ескере отырып, жаздың жұмыс күндерінің саны 60 болса, онда зауыт өнімділігі  $286 \times 60 = 17100$  тоннаға жалпы өсуі ықтимал. Зауыттың өнімділігіне басқа да факторлар әсер еткендіктен, күкірт жүктемесін есептеуге болады. Жобалық өнімділігі сағатына 20,5 тонна күкірт (тәулігіне 1640 тонна қышқыл) болған кезде, ыстық ауа райында тәулігіне өнімділігі 80–120 тонна қышқылға немесе орта есеппен 100 тоннаға төмендетіледі. Түнге қарай өнімділікті арттырғандықтан, 0,5 коэффициенті қажет, яғни тәулігіне 50 тонна нақты өсім. Жаз бойы 60 күн (жазғы кезеңде жоспарлы жөндеу 30 күн) тек ұсыныс есебінен 3000 тонна қышқылға өсім береді.



Сурет 3 – Өндірістің 540 блогындағы қышқылдарды салқындату схемасы

Сораптардың, 540 түйіннің құбырларының және қышқыл қоймаларының қызмет ету мерзімінің ұлғаюын ескермейміз, өйткені олар қышқыл өндірісінің тиімділігінен айтарлықтай төмен. Сондай-ақ, 2 жылу алмастырғыштың болуы

зауытты тоқтаусыз жууға, оларды бір аптаға пайдалану схемасынан алып, кезекпен тазартуға мүмкіндік береді (Кесте-1). Қышқыл мен салқындатқыш суды беру схемасы жөндеу кезінде жылу алмастырғыштардың құйылуы оларды өзін-өзі тазартуға мүмкіндік береді, өйткені сұйықтық ағындары бағытты керісінше өзгертеді. Қорытындылай келе күтілетін экономикалық тұрғыдан 2 еседей пайда болады және уақыт шығынын едәуір азайтамыз. Пайдаланудың бірінші жылындағы ұсыныстың экономикалық тиімділігі шамамен есептеледі:

$3\ 000 \times 21\ 000 - 25\ 000\ 000 - 1\ 000\ 000 = 37\ 000\ 000$  теңге

3000 тонна қышқылдың өзіндік құны:  $7\ 800 \times 3\ 000 = 23\ 400\ 000$  теңге

Экономикалық тиімділік

Бірінші жылы :  $37\ 000\ 000 - 23\ 400\ 000 = 13\ 600\ 000$  теңге

Екінші жылға  $3\ 000 \times 21\ 000 - 3000 \times 7\ 800 = 39\ 600\ 000$  теңге

Мұндағы 21000 теңге тонна қышқылдың орташа құны

25 000 000 - ALFA LAVAL жылу алмастырғышының құны

1 000 000 – жабдықты монтаждауға арналған шығындар

1-кестені сараптай келе төмендегідей мәселерді байқауға болады.

1 Қайнау қабатындағы күкірт колчеданының қайнау температурасы  $1100 \pm 10^\circ\text{C}$ , егер осы температура  $1100^\circ\text{C}$  тан асып кетсе шикізаттың жанып кетіп, авариялық ситуацияға әкеліп жүйенің ұзақ уақыт тұрып қалуына әкелуі мүмкін. Егер температура  $1080^\circ\text{C}$  болса күкірт диоксиді бөлінуінің жылдамдығы азая бастап, қыздыру газындағы концентрациясы төмендей бастап, тотығу бөлімінің жұмысына әсерін тигізеді (Кесте 1).

2 Тотығу бөліміне кірер алдындағы күкірттің құрамы, қыздыру бөлімінің жұмысының сапасына үлкен әсер етеді.

3 Тотығу аппараты катализаторының I-V-қабатындағы температурасы біріншіден активті заттардың деструкциясы әсерінен, катализатордың бұзылуына байланысты болса, екіншіден катализатордың жану температурасына байланысты болады.

Кесте1 – Берілген параметрлердің мәндері

№	Атауы	Өлшемі	Мәні	норма
1	Пештегі қайнаған қабаттың температурасы	°C	1100	+ – 10
2	Күкірт диоксидінің тотығу бөліміндегі мөлшері	%	10,5	+ – 0,25
3	Тотығу аппаратының I-қабатындағы газдың температурасы	°C	620	+ – 2,5
4	Тотығу аппаратының II-қабатындағы газдың температурасы	°C	520	+ – 2,5

5	Тотығу аппаратының III-қабатындағы газдың температурасы	0С	470	+ –	2
6	Тотығу аппаратының IV-қабатындағы газдың температурасы	0С	460	+ –	2,5
8	Абсорбцияның екінші баспалдағынан кейінгі газдағы күкірт триоксидінің массалық үлесі	үлесі	0,012		+0,0035
9	Абсорбцияның екінші баспалдағынан кейінгі газдағы күкірт диоксидінің массалық үлесі	үлесі	0,069		+0,0053

4 Абсорбцияның екінші сатысынан кейінгі газдағы күкірттің диоксиді мен триоксидінің массалық үлесі тотығу мен абсорбция бөлімдерінің жұмысының сапасына үлкен әсерін тигізеді. Шикізаттың қажетті өнімге айналуын айқындайды, яғни бүкіл жүйенің жұмысын анықтайды.

#### Қорытынды

- компьютерлік бағдарламалар арқылы қондырғылар мен жабдықтардың сенімділік деңгейін арттыру;

- жүйелердің өнімділігінің жиі өзгеруіне байланысты жабдықтар сенімділігі мен техникалық жай-күйін диагностикалау әдістерін ескеру;

- ALFA LAVAL пластиналық жылу алмастырғышын (қышқыл өндірісінің 540 блогының қышқылын салқындату) параллель режимде жұмыс істеу үшін ұқсас жылу алмастырғышты пайдаланып, салқындатудың технологиялық схемасын өзгертіп, түйінді қайта құру және кеңейту идеясы ұсынылды;

- Катализаторды алмастыру кезіндегі конвертордың қалпақшасын ауыстырудың тиімді (материалдық шығын, уақыт) әдісі ұсынылды.

- Экономикалық тиімділік бірінші жылы 13 600 000 теңге болса, екінші жылға 39 600 000 теңге болмақ.

#### ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 Современные методы обеспечения безотказности сложных технических систем: Учебник. Александровская Л. Н., Афанасьев А. П., Лисов А. А. – М. : Логос, 2001. – 208 с.

2 Теория надежности сложных систем в отработке и эксплуатации / Северцев Н. А. М. : Юрайт, 2019. – 435 с.

3 Программно-информационное обеспечение расчетов показателей разработки нефтегазовых месторождений с горизонтальными скважинами. / Кучумов Р. Я., Кучумов Р. Р. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2011. – 252 с.

4 Математические методы в теории надежности / Б. В. Гнеденко, Ю. К. Беляев, А. Д. Соловьев. – М. : Либроком, 2013. – 584 с.

5 ГОСТ 27.002-2015. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения.

6 **В. А. Матвеев, Д. В. Майоров, Ю. О. Веляев, В. И. Захаров.** Сернокислотные способы комплексной переработки нефелинсодержащего сырья. – Апатиты : КНЦ РАН, 2017. – 155 с.

7 **Тареева О. А.** Разработка сернокислотной технологии извлечения редкоземельных металлов из фосфополугидрата. – Апатиты: КНЦ РАН, 2012. – 157 с.

8 ГОСТ 27.502-2013. Надежность изделий машиностроения. Система сбора и обработки информации. Планирование наблюдений.

9 **А. Н. Байкожин.** Күкірт қышқылын игеру және пайдалану кезінде қолданылатын айдау сораптарының сенімділігін зерттеу. Техникалық ғылымдар магистрының диссертациясы. Қызылорда : Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті. 2021. – 100 с.

10 Технологический регламент завода ТОО «СКЗ-U», утвержденный 25 декабря 2018 г. – 113 с.

#### REFERENCES

1 Sovremennye metody obespecheniya bezotkaznosti slozhnykh tekhnicheskikh sistem : Uchebnik. Aleksandrovskaya L. N., Afanas'ev A. P., Lisov A. A. – Moscow : Logos, 2001. – 208 P.

2 Teoriya nadezhnosti slozhnykh sistem v otrabotke i ekspluatacii / Severcev N. A. Moscow : Yurajt, 2019. – 435 P.

3 Programmno-informacionnoe obespechenie raschetov pokazatelej razrabotki neftegazovykh mestorozhdenij s gorizontal'nymi skvazhinami / Kuchumov R, Ya., Kuchumov R. R. – Tyumen' : TyumGNGU, 2011. – 252 p.

4 Matematicheskie metody v teorii nadezhnosti. / B. V. Gnedenko, Yu. K. Belyaev, A. D. Solov'ev. – Moscow : Librokom, 2013. – 584 p.

5 GOST 27.002-2015. Nadezhnost' v tekhnike. Osnovnye ponyatiya. Terminy i opredeleniya.

6 **V. A. Matveev, D. V. Majorov, YU. O. Velyaev, V. I. Zaharov.** Sernokislotnye sposoby kompleksnoj pererabotki nefelinsoderzhashchego syr'ya . – Apatity : KNC RAN, 2017. – 155 p.

7 **Tareeva O. A.** Razrabotka sernokislotnoj tekhnologii izvlecheniya redkozemel'nyh metallov iz fosfopolugidrata.– Apatity : KNC RAN, 2012. – 157 p.

8 GOST 27.502-2013. Nadezhnost' izdelij mashinostroeniya. Sistema sbora i obrabotki informacii. Planirovanie nablyudenij.

9 **A. N. Bajkozhin.** Kүkirt қышқылын игеру және пайдалану кезінде қолданылатын айдау сораптарының сенімділігін зерттеу. Техникалық ғылымдар магистрының диссертациясы. Қызылорда, Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті. 2021. – 100 p.

10 Tekhnologicheskij reglament zavoda ТОО «SKZ-U», utverzhdenyj 25 dekabrya 2018 g. –113 p.

Материал поступил в редакцию 17.03.22.

### ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРОИЗВОДСТВА СЕРНОЙ КИСЛОТЫ

*Объемы производства сырья в Казахстане с каждым годом стремительно растут. Уровень надежности эксплуатации технических систем Химико-технологической отрасли напрямую связаны с повышением эффективности производства, снижением производственных затрат, например, на энергетические ресурсы и ремонтно-восстановительные работы и другие работы. А эти работы будут зависеть от правильного проведения мероприятий, связанных с техническим состоянием промышленных установок, то есть повышением надежности установок и методик технической диагностики.*

*В этих условиях возникают вопросы подготовки научных работ по совершенствованию методик и технического оборудования, применяемых в области химико-технологий. Роль науки в повышении надежности и безопасности производственных объектов особая, поэтому профилактика аварий в химико-технологических системах является актуальной проблемой. Для определения надежности технических систем необходимо знать физические значения исходных параметров – расхода, давления, температуры, электрических параметров. Определение надежности работы Химико-технологических установок имеет несколько характерных свойств. Рабочие места, расположенные на больших пространствах, тяжелые природные условия, технологии с изменяющимися условиями, выводят из строя постоянно действующие установки. Поэтому при прогнозировании параметров надежности большую роль играет моделирование отказов.*

*Ключевые слова: серная кислота, нагнетательные насосы, химико-технологические установки, надежность, производство серной кислоты.*

### IMPROVING THE RELIABILITY OF TECHNICAL SYSTEMS FOR THE PRODUCTION OF SULFURIC ACID

*Production of raw materials in Kazakhstan is growing rapidly every year. The level of reliability of operation of technical systems of the Chemical and technological industry is directly related to increasing production efficiency, reducing production costs, for example, for energy resources and repair and restoration work and other work. And these works will depend on the correct implementation of measures related to the technical condition of industrial installations, that is, increasing the reliability of installations and technical diagnostic techniques.*

*In these conditions, questions arise about the preparation of scientific papers on the improvement of methods and technical equipment used in the field of chemical technologies. The role of science in improving the reliability and safety of production facilities is special, therefore, the prevention of accidents in chemical and technological systems is an urgent problem. To determine the reliability of technical systems, it is necessary to know the physical values of the initial parameters - flow, pressure, temperature, electrical parameters. The determination of the reliability of the operation of Chemical processing plants has several characteristic properties. Workplaces located in large spaces, difficult natural conditions, technologies with changing conditions, disable permanently operating installations. Therefore, failure modeling plays an important role in predicting reliability parameters.*

*Keywords: sulfuric acid, injection pumps, chemical-technological units, reliability, sulfuric acid production.*



\*Д. Т. Толегенов<sup>1</sup>, М. А. Елубай<sup>2</sup>, Н. К. Кулумбаев<sup>3</sup>, Р. А. Тюлюбаев<sup>4</sup>,  
Д. Ж. Толегенова<sup>5</sup>

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

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ЭНЕРГЕТИКИ И МЕТАЛЛУРГИИ ПАВЛОДАРСКОГО РЕГИОНА

*Как нам известно, использование побочных продуктов промышленности чрезвычайно важно, так как обеспечивает производство богатым источником дешевого и часто уже подготовленного сырья; приводит к экономии капитальных вложений, предназначенных для строительства предприятий, добывающих и перерабатывающих сырье, и повышению уровня их рентабельности; высвобождению значительных площадей земельных угодий и снижению степени загрязнения окружающей среды. Последовательное повышение уровня использования побочных промышленных продуктов является важнейшей задачей государственного значения.*

*Одно из наиболее перспективных направлений утилизации промышленных отходов – их использование в производстве строительных материалов, что позволяет до 40 % удовлетворить потребности в сырье. Применение отходов промышленности позволяет на 10–30 % снизить затраты на изготовление строительных материалов по сравнению с производством их из природного сырья, экономия капитальных вложений при этом составляет 35–50 %.*

*В данной статье были исследованы следующие техногенные отходы энергетики и металлургии Республики Казахстан:*

- зола-уноса с Павлодарской ТЭЦ-1;
- красный шлам с АО «Алюминий Казахстана»;
- вторичный металлургический шлак с АКП «KSP Steel» (процесс внепечной обработки расплава).

*Целью исследования было определение пригодности данных видов техногенных отходов предприятий металлургии и энергетики Павлодарского региона к их возможному использованию в производстве строительной керамики.*

*Ключевые слова: промышленные отходы, пористость, прочность, ТЭЦ, вторичный металлургический шлак, топливно-энергетический комплекс.*

#### Введение

Ежегодно на теплоэлектроцентралях (ТЭЦ) образуются тысячи тонн отходов, которые состоят в основном из нерастворимых оксидов, гидроксидов, карбонатов железа, кальция, магния и являются ценным химическим сырьём [1, 2].

Утилизация отходов горно-металлургического и топливно-энергетического комплексов в промышленности строительных материалов решает не только

экологические, но и экономические задачи, поскольку сырье из отходов для производства стеновой керамики в 2–3 раза дешевле, чем природное [3].

Угольная летучая зола или как сейчас называют его – зола-уноса, промышленный побочный продукт, образуется при сжигании угля на тепловых электростанциях. Это один из самых сложных антропогенных материалов, и его неправильное удаление стало проблемой окружающей среды и привело к растрате извлекаемых ресурсов [4].

В настоящее время немало научных работ посвящено переработке промышленных отходов и получению на основе них множества видов строительных материалов, отличающихся по качественным и количественным составам применяемых материалов.

Например, учеными разработаны технологии получения высокопрочного керамзита из красного шлама (КШ), летучей золы и бентонита без каких-либо других химических добавок путем двухэтапного процесса спекания [5].

Бокситовый шлам при определенных условиях активации может проявлять самостоятельные вяжущие свойства [6].

В проведенных нами исследованиях применяются техногенные отходы энергетики и металлургии Республики Казахстан:

- зола-уноса с Павлодарской ТЭЦ-1;
- красный шлам с АО «Алюминий Казахстана»;
- вторичный металлургический шлак с АКП «KSP Steel» (процесс внепечной обработки расплава).

Исследование техногенных отходов состояло из следующих стадий:

- подготовка образцов;
- обжиг материалов;
- расчет водопоглощения материалов;
- расчет прочностных свойств материалов.

Зола-уноса представляет собой отход от сжигания Экибастузских углей Павлодарских тепловых электростанций. Химический состав и фазово-минералогический состав золы приведены в таблицах 1–2 [7].

Таблица 1 – Химический состав золы-уноса Павлодарской ТЭЦ-1, %.

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO
60,6	28,6	1,4	5,4	2	0,5	0,5	0,2	0,7	0,1

Таблица 2 – Фазово-минералогический состав зол, мас. % усредненный

Зола из отвалов	Стеклофаза	Аморфизованное глинистое вещество	Оксиды железа	Полевой шпат, кварц, пироксен	Корунд, муллит, кристобалит	Кальцит	Углистые частицы
Павлодарские ТЭЦ	30	25	9	10	7	8	11

Используемая в технологическом процессе зола-уноса (рисунок 1) характеризуется мелкой зернистой фракцией.

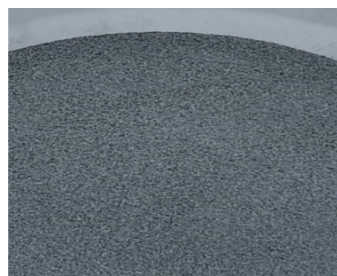


Рисунок 1 – Зола-уноса с Павлодарской ТЭЦ-1

Согласно ГОСТам 25818-91 [8] и 25592-91 [9], содержание оксида кальция CaO в зольной составляющей золошлаковой смеси и в мелкозернистой смеси должно быть не более 10 % по массе. Содержание оксида магния MgO в зольной составляющей золошлаковой смеси и в мелкозернистой смеси должно быть не более 5 % по массе. Содержание сернистых и сернокислых соединений в пересчете на SO<sub>3</sub> в зольной и шлаковой составляющих золошлаковой смеси должно быть не более 3 % по массе, в том числе сульфидной серы – не более 1 % по массе. Содержание щелочных оксидов натрия и калия в пересчете на Na<sub>2</sub>O в зольной составляющей золошлаковой смеси и в мелкозернистой смеси должно быть не более 3 % по массе.

Бокситовый шлак Павлодарского алюминиевого завода является попутным продуктом производства глинозема Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и включается в состав рецептуры бетонных смесей. Химический и минералогический состав бокситового шлама приведены в таблицах 3–4 [7].

Таблица 3 – Химический состав бокситового шлама Павлодарского алюминиевого завода, %

Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	SiO <sub>2</sub>	TiO	CO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O	MgO
27-33	4,0-5,0	39-44	19-21	2,0	0,8-1,0	0,9-1,5	0,3-1,2

Таблица 4 – Минералогический состав бокситового шлама, %

Содалит (3Na <sub>2</sub> O · 3Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> · 6SiO <sub>2</sub> · Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	Алюмогетит (оксид железа с примесью алюминия)	Гематит (оксид железа)	Кремнезём (диоксид кремния), кристаллический и аморфный	Трёхкальциевый алюминат (3CaO · Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> · 6H <sub>2</sub> O)	Бемит (AlO(OH))	Диоксид титана	Мусковит (K <sub>2</sub> O · 3Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> · 6SiO <sub>2</sub> · 2H <sub>2</sub> O)	Карбонат кальция	Гиббсит (Al(OH) <sub>3</sub> )	Каолинит (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> · 2SiO <sub>2</sub> · 2H <sub>2</sub> O)
4-40	10-30	0-30	5-20	2-20	0-20	2-15	0-15	2-10	0-5	0-5

По внешнему виду бокситовый шлак (Рисунок 2) представляет собой среднезернистый песок бежево-бурого цвета с включениями легко рассыпающихся комьев различной величины.



Рисунок 2 – Красный шлак с АО «Алюминий Казахстана»

Отвальный шлак глиноземного производства АО «Алюминий Казахстана» по химическому составу представлен преимущественно оксидами кремния, алюминия, железа и кальция, на долю которых приходится более 80 % массы материала. Гранулометрический состав отвального шлама по фракциям: (+1) мм ~ 5 %; (-0,053) мм ~ 30 %.

Вторичный металлургический шлак с АКП «KSP Steel» представляет собой пористый порошок серого цвета, наблюдается пористая микроструктура, отмечается наличие закристаллизованной стекловидной составляющей (Рисунок 3).



Рисунок 3 – Вторичный металлургический шлак с АКП «KSP Steel»

Бурые включения свидетельствуют о наличии оксида железа. Химический состав вторичного металлургического шлака с АКП «KSP Steel» приведен в таблице 5 [7].

Таблица 5 – Химический состав металлургического шлака с АКП «KSP Steel», %

Fe <sub>06</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	MnO	S
28 – 35,9	12,1 – 18,9	1,9 – 4,8	21,1 – 24,6	6,9 – 20,2	5,1 – 8,2	0,03 – 0,04

**Материалы и методы**

В работе были исследованы следующие техногенные отходы энергетики и металлургии Республики Казахстан:

- зола-уноса с Павлодарской ТЭЦ-1;
- красный шлам с АО «Алюминий Казахстана»;
- вторичный металлургический шлак с АКП «KSP Steel» (процесс выпечной обработки расплава).

Основные аппараты для измельчения, тонкого помола и ситового анализа сырья, применяемые в исследовании:

- щековая дробилка ДЩ-1;
- машина для тонкого помола МП-4/1;
- прибор для определения зернового состава.

Приготовили раствор с карбоксил-метил целлюлозой (КМЦ), служащий раствором-связкой. Полученный с красным шлаком, шлаком и золой-уноса массу приводили до однородности, проведя через сито. Определили влажность полученных образцов, которая составила с золой-уноса 10,1 %, красным шлаком – 12 %, шлаком – 10 %.

Далее на универсальной испытательной машине WDW-200 прессовали измельченные до фракции 0,063 сырьевые материалы и получили образцы материалов в виде таблеток и цилиндров (рисунок 4).



Рисунок 4 – Образцы таблеток и цилиндров со шлаком, золой-уноса и КШ

Полученные образцы с исходным материалом отправили на обжиг, где в муфельной печи «Snol-6,7/1300» исследовали поведение образцов при различных значениях температуры нагрева и выдержки.

В результате обжига сырьевых материалов с красным шлаком, золой-уноса и металлургическим шлаком установлено, что образцы показали различные показатели. Температура обжига материалов в печи была в пределах 950–1300 °С. При повышении температуры образцы с золой-уноса становились пористые, менялся цвет и прочность. Образцы с красным шлаком уменьшались в весе и по объему, а в пределах 1200–1300 °С превратились в стекловидную форму. Образцы с металлургическим шлаком в пределах 950–1000 °С не изменялись, а с повышением температуры, а именно 1100 °С начали растрескиваться. Начиная с 1150 и до 1300 °С образцы с металлургическим шлаком превратились в исходное порошкообразное состояние. Результаты обожженных образцов представлены на рисунках 5–7.

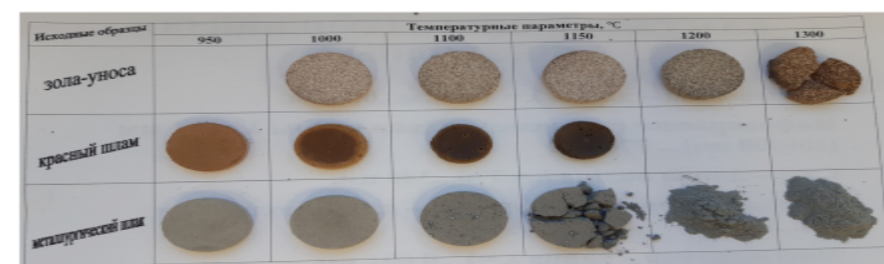


Рисунок 29 – Результаты обжига сырьевых материалов (таблетки)



Рисунок 5 – Результаты обжига сырьевых материалов (таблетки)

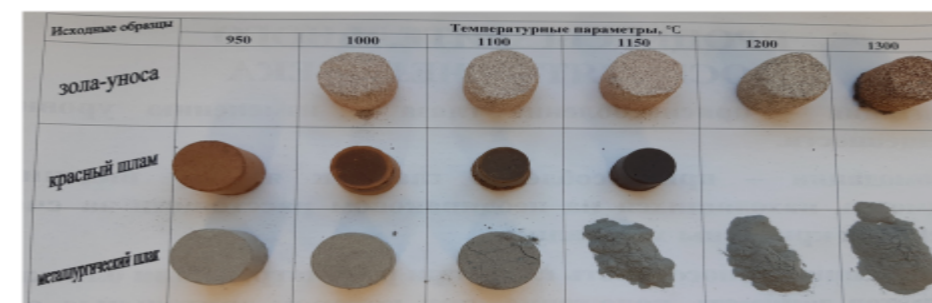


Рисунок 30 – Результаты обжига сырьевых материалов (цилиндры)



Рисунок 6 – Результаты обжига сырьевых материалов (цилиндры)



Рисунок 7 – Процесс обжига сырьевых материалов

**Результаты и обсуждение**

После обжига сырьевых образцов провели расчет водопоглощения полученных материалов согласно методики [10]. Расчет водопоглощения с образцами красного шлама, шлама и золы-уноса показали, что водопоглощение для образцов с температурой обжига в пределах 950–1150 °С уменьшается. На рисунке 12 представлен график изменения водопоглощения образцов с красным шламом. Водопоглощение образцов с температурой обжига 950 °С составил в среднем 41,1 %, когда образец с температурой обжига 1150 °С составил всего лишь 2,5 %. Это говорит, что водопоглощение с повышением температуры обжига уменьшается. Такие же показатели показали образцы с золой-уноса и шлаком, где водопоглощение также уменьшалось с повышением температуры обжига (рисунок 8–10).



Рисунок 8 – График водопоглощения образцов с красным шламом

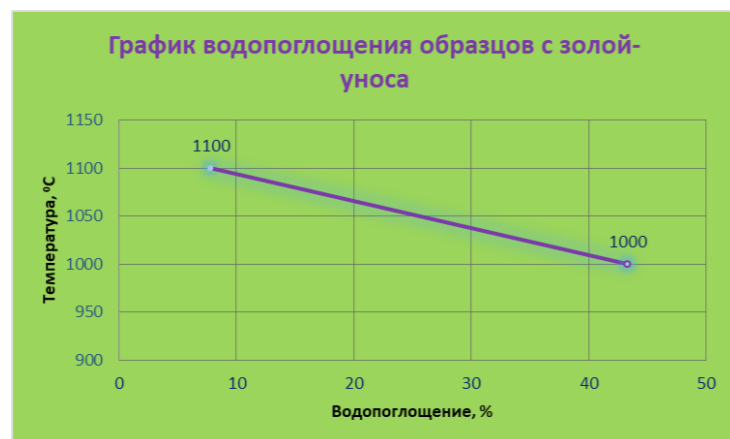


Рисунок 9 – График водопоглощения образцов с золой-уноса

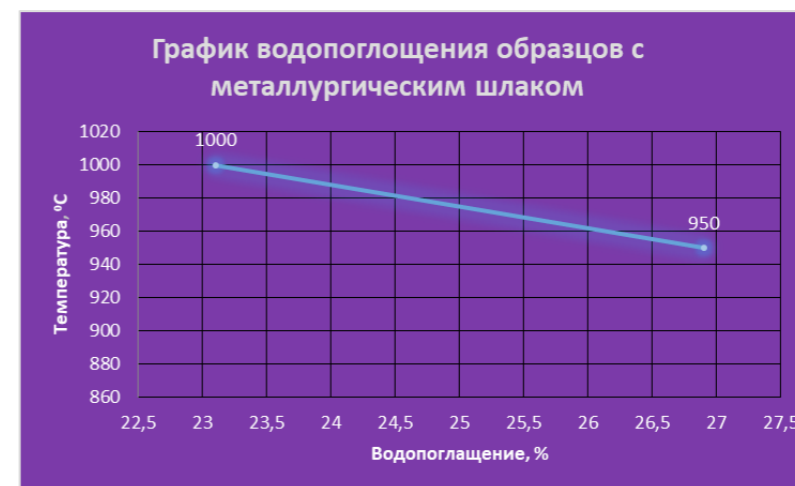


Рисунок 10 – График водопоглощения образцов с металлургическим шлаком

На гидравлическом прессе ПГМ-100МГ4 определили прочностные свойства полученных образцов в виде цилиндров. Результаты прочностных свойств представлены в таблицах 6–8.

Таблица 6 – Результаты прочностных свойств на сжатие образцы из КШ

№	T, °C	S <sub>уд.</sub> , см <sup>2</sup>	F, кН	R, МПа
1	1000	2,3	1,83	1,13
2	1000	2,3	1,59	0,94
3	1100	1,8	5,46	3,36
4	1100	1,8	8,26	5,08
5	1100	1,8	8,90	5,48
6	1000	2,3	1,7	1,05
7	1100	1,8	17,11	10,53
8	1100	1,8	13,43	8,27
9	1100	1,8	6,43	3,96
10	1150	1,8	21,84	13,44

Таблица 7 – Результаты прочностных свойств на сжатие образцы из металлургического шлама

№	1	2	3	4	5	6	7	8
T, °C	1000	1000	1000	1200	1200	1000	1300	1300
S <sub>уд.</sub> , см <sup>2</sup>	3,14	3,14	3,14	3,14	3,14	3,14	3,14	3,14
F, кН	0,023	0,10	0,13	-	-	0,19	0,32	-
R, МПа	0,018	0,062	0,078	-	-	0,12	0,20	-

Таблица 8 – Результаты прочностных свойств на сжатие образцы из золы-уноса

№	T, °C	S <sub>уд.</sub> , см <sup>2</sup>	F, кН	R, МПа
1	1200	2,83	0,079	0,013
2	1200	2,83	0,11	0,068
3	1300	2,54	1,09	0,670
4	1300	2,27	0,94	0,577
5	1300	2,83	1,06	0,652
6	1300	2,27	1,28	0,784
7	1300	2,83	0,469	0,076
8	1300	2,54	0,77	0,475
9	1300	2,83	1,37	0,844

**Выводы**

Таким образом, в ходе экспериментальной работы представлен химический и фазово-минералогический состав исследуемых техногенных отходов.

В ходе исследования, были достигнуты следующие результаты:

- был проведен обжиг исходных сырьевых материалов, где были определены оптимальные температурные параметры обжига;
- определены физико-химические свойства образцов:
- водопоглощение;
- усадка;
- прочностные свойства.

Таким образом, в ходе определения физико-химических и прочностных свойств полученных образцов на основе отходов металлургии и промышленности Казахстана можно утверждать, что техногенные отходы предприятий металлургии и энергетики Павлодарского региона, содержащие в своем составе достаточное количество оксидов кремния, кальция, алюминия и др. оксидов, представляют собой пригодность к их возможному использованию в производстве строительной керамики.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

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

2 **Платонов, А. П., Гречаников, А. В., Ковчур, А. С., Ковчур, С. Г., Манак, П. И.** Изготовление керамического кирпича с использованием промышленных отходов, Вестник Витебского государственного технологического университета, Выпуск 28. – 128–134 с.

3 **Макаров, Д. В., Мелконян, Р. Г., Суворова, О. В., Кумарова В. А.** Перспективы использования промышленных отходов для получения керамических

строительных материалов, ISSN 0236-1493. Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2016. – № 5. – С. 254–281.

4 **Yao, Z. T., Ji, X. S., Sarker, P. K., Tang, J. H., Ge, L. Q., Xia, M. S., Xi, Y. Q.** A comprehensive review on the applications of coal fly ash // Earth-Science Reviews Volume 141, February 01, 2015. – 105–121 p.

5 **H. Mi, L. Yi, Q. Wu, J. Xia, B. Zhang,** Preparation of high-strength ceramsite from red mud, fly ash, and bentonite // Ceramics International, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint>.

6 **Бажиров, Н. С., Серикбаев, Б. Е., Бажиров, Т. С., Даулетияров, М. С., Бажирова, К. Н.** «Композиционные строительные материалы. Теория и практика», Химико-минералогическая характеристика бокситового шлама – отхода алюминиевого производства. – 2017. – 14–18 с.

7 **Aryngazin, K. Sh., Bogomolov, A. V., Tleulesov, A. K.** Innovational Construction Materials of LLP «Ecostroy NII-PV» Production, Defect and Diffusion Forum. – Vol. 410. – 2021. – 806–811 p.

8 ГОСТ 25818-91 Межгосударственный стандарт золы-уноса тепловых электростанций для бетонов

9 ГОСТ 25818-91 Смеси золошлаковые тепловых электростанций для бетонов

10 **Черкасов, С. В., Адоньева, Л. Н.** Материаловедение, лабораторный практикум, 2010. – 88 с.

**REFERENCES**

1 **Kasenov, A. J., Tleulesov, A. K., Ahmetbek, A. N.** «Proizvodstvo betonov iz othodov proizvodstva AO «Alyminy Kazakhstana» [Production of concrete from production wastes of JSC «Aluminum of Kazakhstan»] // Nauka I Tehnika Kazakhstana. – 2018. – № 1, P. 61–75.

2 **Platonov, A. P., Grechanikov, A. V., Kovchur, A. S., Kovchur, S. G., Manak, P. I.** Izgotovlenie keramicheskogo kirpicha s ispolzovaniem promyshlennykh othodov [Production of ceramic bricks using industrial waste], Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta. – Issue 28. – 128–134 p.

3 **Makarov, D. V., Melkonyan, R. G., Suvorova, O. V., Kumarova V. A.** Perspektivy ispol'zovaniya promyshlennykh otkhodov dlya polucheniya keramicheskikh stroitel'nykh materialov [Prospects for the use of industrial waste to produce ceramic building materials], // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. – 2016. – № 5. P. 254–281. ISSN 0236-1493.

4 **Yao, Z. T., Ji, X. S., Sarker, P. K., Tang, J. H., Ge, L. Q., Xia, M. S., Xi, Y. Q.** A comprehensive review on the applications of coal fly ash // Earth-Science Reviews. – Volume 141. – February 01, 2015. – 105–121 p.

5 **H. Mi, L. Yi, Q. Wu, J. Xia, B. Zhang,** Preparation of high-strength ceramsite from red mud, fly ash, and bentonite // Ceramics International, 2021 <https://doi.org/10.1016/j.ceramint>.

6 **Bazhirov, N. S., Serikbayev, B. Ye., Bazhirov, T. S., Dauletiyarov, M. S., Bazhirova, K. N.** «Kompozitsionnyye stroitel'nyye materialy. Teoriya i praktika», Khimiko-mineralogicheskaya kharakteristika boksitovogo shlama – otkhoda alyuminiyevogo proizvodstva. Teoriya i praktika» [Composite building materials. Theory and practica], Khimiko-mineralogicheskaya kharakteristika boksitovogo shlama – otkhoda alyuminiyevogo proizvodstva. – 2017. – 14–18 p.

7 **Aryngazin, K. Sh., Bogomolov, A. V., Tleulessov, A. K.** Innovational Construction Materials of LLP «Ecostroy NII-PV» Production, Defect and Diffusion Forum. – Vol. 410. – 2021. – 806-811 p.

8 GOST 25818-91 Mezghosudarstvennyy standart zoly-unosa teplovykh elektrostantsiy dlya betonov [Interstate standard for fly ash from thermal power plants for concrete].

9 GOST 25818-91 Smesi zoloshlakovyye teplovykh elektrostantsiy dlya betonov [Ash and slag mixtures for thermal power plants for concrete].

10 **Cherkasov, S. V., Adoniev, L. N.,** Materialovedeniye, laboratornyi praktikum [Materials Science, laboratory workshop], 2010. – 88 p.

Материал поступил в редакцию 17.03.22.

\***Д. Т. Толеженов<sup>1</sup>, М. А. Елубай<sup>2</sup>, Н. К. Кулумбаев<sup>3</sup>, Р. А. Тюлюбаев<sup>4</sup>, Д. Ж. Толеженова<sup>5</sup>**

Торайғыров университет, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.  
Материал баспаға 17.03.22 түсті.

#### ПАВЛОДАР ОБЛЫСЫНЫҢ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ МЕТАЛЛУРГИЯ КӘСІПОРЫНДАРЫНЫҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ҚАЛДЫҚТАРЫНЫҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН АНЫҚТАУ

Өнеркәсіптің жанама өнімдерін пайдалану өте маңызды, өйткені ол өндірісті арзан және жиі дайындалған шикізаттың бай көзімен қамтамасыз етеді; шикізатты өндіретін және өңдейтін кәсіпорындардың құрылысына арналған күрделі салымдарды үнемдеуге және олардың рентабельділік деңгейін арттыруға; жердің едәуір аудандарын босатуға және қоршаған ортаның ластану дәрежесін төмендетуге әкеледі. Жанама өнеркәсіп өнімдерін пайдалану деңгейін дәйекті арттыру мемлекеттік маңызы бар маңызды міндет болып табылады.

Өнеркәсіптік қалдықтарды кәдеге жаратудың неғұрлым перспективалы бағыттарының бірі – оларды құрылыс материалдары өндірісінде пайдалану, бұл шикізатқа деген қажеттілікті 40%-ға дейін қанағаттандыруға мүмкіндік береді. Өнеркәсіп қалдықтарын пайдалану құрылыс материалдарын табиғи шикізаттан өндірумен салыстырғанда оларды дайындауға жұмсалатын шығындарды 10–30%-ға азайтуға мүмкіндік береді, бұл ретте күрделі салымдарды үнемдеу 35–50%-ды құрайды.

Бұл мақалада Қазақстан Республикасының энергетика және металлургияның келесі техногенді қалдықтары зерттелді:

- Павлодар ЖЭО-1-нен күлі;

- «Қазақстан алюминий» АҚ-ғы қызыл шламы;

- «KSP Steel» АКП бар қайталама металлургиялық қожығы (балқыманы пештен тыс өңдеу процесі).

Зерттеудің мақсаты Павлодар өңірі кәсіпорындарының металлургия және энергетика кәсіпорындарының техногендік қалдықтарының осы түрлерінің оларды Құрылыс керамикасы өндірісінде ықтимал пайдалануға жарамдылығын анықтау болды.

Кілтті сөздер: өнеркәсіптік қалдықтар, кеуектілік, беріктік, ЖЭО, қайталама металлургиялық қождар, отын-энергетикалық кешен.

\***Д. Т. Толеженов<sup>1</sup>, М. А. Елубай<sup>2</sup>, Н. К. Кулумбаев<sup>3</sup>, Р. А. Тюлюбаев<sup>4</sup>, Д. Ж. Толеженова<sup>5</sup>**

Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar.  
Material received on 17.03.22.

#### DETERMINATION OF TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF TECHNOGENIC WASTE FROM ENERGY AND METALLURGY ENTERPRISES OF THE PAVLODAR REGION

As we know, the use of by-products of industry is extremely important, as it provides production with a rich source of cheap and often already prepared raw materials; leads to savings in capital investments intended for the construction of enterprises that extract and process raw materials and increase their profitability; freeing up significant areas of land and reducing the degree of environmental pollution. The consistent increase in the level of use of by-products of industrial production is the most important task of national importance.

One of the most promising areas of industrial waste disposal is their use in the production of building materials, which allows up to 40% to meet the needs for raw materials. The use of industrial waste makes it possible to reduce the cost of manufacturing construction materials by 10–30% compared to their production from natural raw materials, while saving capital investments is 35–50%.

In this article, the following technogenic wastes of energy and metallurgy of the Republic of Kazakhstan were investigated:

- fly ash from Pavlodar CHP-1;

- red sludge from JSC «Aluminum of Kazakhstan»;

- secondary metallurgical slag with automatic transmission “KSP Steel” (the process of out-of-furnace treatment of the melt).

The purpose of the study was to determine the suitability of these types of man-made waste from metallurgy and energy enterprises of the Pavlodar region for their possible use in the production of construction ceramics.

Keywords: industrial waste, porosity, strength, thermal power plant, secondary metallurgical slag, fuel and energy complex.

**ТОҚТАҒАНОВ ТӨЛЕУҒАЗЫ ТӨКІЛҰЛЫ****Қысқа өмірбаяндық анықтама**

Тоқтағанов Төлеуғазы Төкілұлы техника ғылымдарының кандидаты, профессор, металлургия, машинажасау және көлік факультетінің деканы.

Төлеуғазы Төкілұлы Шығыс-Қазақстан (бұрынғы Семей) облысы, Жаңа-Семей ауданының Сарыбұлақ ауылында 1947 жылдың 8-ші ақпанында дүниеге келген. 1963 жылы Знаменка орта мектебін тәмәмдап, еңбек жолын Знаменка совхозында тракторист-мотористен бастаған. 1964 жылы Павлодар индустриалдық институтына оқуға түсіп, оны бітіргеннен кейін институттың Автомобиль және трактор кафедрасында ассистенттік қызметке қабылданады. Тоқтағанов Төлеуғазы Төкілұлы біздің университетте 43-ші оқу жылын өткеріп отыр.

1975 жылы Мәскеудің автомеханикалық институтының күндізгі аспирантурасында мезгілінен бұрын диссертациясын қорғап бітірді. 1976 жылдың шілде айында техника ғылымдарының кандидаты дәрежесі, ал 1980 жылы доцент атағы берілді. 1969–1972 жылдарында ассистент, 1976–1983 аға оқытушы, доцент қызметтерін атқарды. 1983 жылы институттың партия ұйымының хатшысына сайланды.

1987 жылы баламалық негізде жаңадан, Машинажасау және технологиялық механика факультеттерін біріктірумен құрылған Машинажасау факультетіне декан болып сайланды.

1987–2001 жылдары факультет деканы. Машинажасау, Машинажасау және құрылыс, Техникалық оқу-өндіріс кешендерінің директоры болды.

2001–2003 жылдар аралығында «Көліктік машинажасау» кафедрасын басқарды.

2003 жылдан осы кезеңге дейін Металлургия, машинажасау және көлік факультетінің деканы болып қызмет атқарды.

Тоқтағанов Төлеуғазы Төкілұлы Машинажасау факультетінің ірге тасын қаласқан және оның дамып өсуіне көп еңбек сіңірген университет ардагерлерінің бірі.

Институттағы алғашқы студенттік құрастыру қоғамы (СҚК) машинажасау факультетінде Төлеуғазы Төкілұлының ұсынысымен және тікелей қатысуымен өмірге келді. СҚК қалаға, облысқа қажетті әртүрлі механизмдердің, машиналардың жобаларын жасады. Төлеуғазы Тоқтағановтың басшылығымен К700 тракторынан және үш ЖВН-6 типті орақ машиналарынан тұратын агрегат жобаланып жасалды. Ол көп жылдар Успенка ауданының К. Маркс колхозында (қазіргі Галицкое) пайдаланылды.

Төлеуғазы Төкілұлы институтта 1980 жылы ашылған «Өнеркәсіптік тракторлардың күштік берілісін зерттеуге арналған» бірінші салалық ғылыми зерттеу зертханасын ашуға зор еңбек сіңірді.

Жоғарғы оқу орындарын оңтайландыру, жекешелендіру кезінде Тоқтағанов Төлеуғазы Төкілұлының табандылығының, қоғам мүддесін қорғауда көрсеткен жігерлігінің нәтижесінде факультеттің материалдық негізі сақталып қалды.

Бүгінгі таңда ММЖКФ университеттегі студентермен магистранттар саны бойынша ең үлкен ұжым. Факультетте 1200 артық студенттер мен магистранттар оқиды. Олардың мыңнан артығы күндізгі бөлімде.

Соңғы он жыл ішінде ММЖКФ Т. Тоқтағановтың жетекшілігімен факультеттің материалдық негізін нығайтып дамытуда және оқытушылардың біліктілігін арттыру бағытында елеулі істер атқарылды. Факультетте үш компьютерлік класс жұмыс істейді. Олардың біреуі 25 орындық. Үш дәрістік аудитория онлайн режимінде сабақ өткізуге қажетті құрал жабдықтармен жабдықталған. ЦББ станоктар зертханасы, құю, ұсталық – қысымдап өндейтін және ольшеуге қажетті техникалар зертханалары және т.б. зертханалар ашылып оқу ісінде пайдаланылуда. Факультет «Мұнайгаз ісі» мамандығы бойынша бакалаврларды дайындауды игеріп, алағашқы түлектерге үлкен өмірге жолдама бере бастады. Алғашқы түлектер арасынан магистрларды К. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық университетінде, жолдамамен оқытып, биылғы оқу жылында ұстаздар қатарына қабылдады. Факультет 2-ші үдемелі индустриальды мемлекеттік бағдарламаны орындауға қарқынды ат салысып, еліміздің дамуына қажетті мамандар дайындауда жақсы көрсеткіштерге қол жеткізіп отыр.

Факультетте жоғарғы білікті оқытушылар дайындау жоспарлы түрде атқарылуда. Соңғы он жыл көлемінде екі кісі техника ғылымының докторы, тоғыз кісі техника ғылымының кандидаты атағын алды, үш кісі PhD докторлық диссертациясын қорғады, Үш кісі доктрантураға түсіп оқып жүр. Жүзге жуық кісі магистрлық диссертациясын қорғады. Оқытушылардың 55 % ғылыми атақ дәрежесі бар адамдар, ал қалғандары магистрлік дәреже иелері.

Факультет оқытушылары өздерінің біліктіліктерін АҚШ, Англия, Швейцария, Швеция, Жапония, Сингапур және басқа елдерге барып тағылымдамадан өтіп келді. Факультет студентері академиялық ұтқырлық бағдарламасы бойынша алыс және жақын шетелдерге барып оқып келіп жатыр. Американың, Еуропаның, Ресейдің оқытушы – ғалымдары факультетке үнеме келіп дәріс оқып, зерттеу жұмыстарын жүргізуде.

Төлеуғазы Төкілұлы 100 артық ғылыми және ғылыми-әдістемелік жұмыстар дайындап шығарды. Ол жыримаға жуық оқу құралының авторы. Алғашқы автомобиль саласының орысша-қазақша терминологиялық сөздігі, Көлік және машина жасау салаларының терминологиялық орысша-қазақша түсіндірме сөздіктері Т. Токтағановтың басқаруымен дайындалып баспадан шықты.

Советтер Одағында жасалатын тракторларға арналған тіркес муфтасын үйлестіріп, құрастырып жобалауға, сынауға қатысты.

Егеменді Қазақстан еліне арналған, басқа елдерде ұқсастығы жоқ әмбебап доңғалақты жүк салуға арналған қорабы бар 0,9 кл трактордың жобасын машинажасау факультеті Т. Токтағановтың басшылығымен жасады. Бұл жоба бірнеше инновациялық конкурстардың жүлдегері болды.

Төлеуғазы Төкілұлының ғылыми еңбегінің нәтижесі Павлодар индустриалды, Алтай политехникалық институттарында, Алтай мотор, Павлодар трактор жасау және Чебоксары агрегат зауыттарында және Челябиндегі НАТИ филиалында қолданыс тапты.

Төлеуғазы Төкілұлы қоғамдық жұмыстарға белсене қатысып, өз үлесін молынан қосып жүр. Ол аудандық кеңестің депутаты болды. Павлодар облысының кәсіпкерлік және өнеркәсіп департаменті ғылыми техникалық кеңесінің мүшесі, Павлодар облысы машина жасаушыларының заңды тұлғаларының бірлестігі, қауымдастығының президенті, ҚР машина жасаушылар қоғамының мүшесі. Қазақстанның машина жасау кешенін дамытуға арналған 2003–2005 жж. бағдарламасын жасауға қатысты.

Токтағанов Төлеуғазы Төкілұлының ғылыми өнертапқыштық, ғылыми-әдістемелік жұмыстары мен қоғамдық өмірдегі белсенділігі үшін бірнеше рет индустриалды институтының құрмет тақтасына суреті ілінді. «Социалистік жарыстардың жеңімпазы» белгісімен, облыстық халық депутаттары кеңесінің, ҚазССР-жоғары оқу министрлігінің, ҚР Білім және ғылым министрлігінің грамоталарымен марапатталды, Индустриалды институттың, ҚазССР жоғары оқу министрлігінің, С. Торайғыров атындағы ПМУ-дың ақшадай сыйлықтарының иегері.

Ол «Еңбектегі қажырлығы» медалімен, «Қазақстан конституциясына 10 жыл» юбилейлік медалімен, «СССР жоғарғы мектебінің үздігі», «ҚР білім саласының құрметті қызметкері», «ҚР Құрметті машина жасаушысы», Павлодар қаласының «Құрметті азаматы», «Құрметті металлург», «Құрметті автокөлікші» деген төсбелгілерімен, университетке сіңірген зор еңбегі үшін С.Торайғыров атындағы бірнеше «Алтын медалімен», «Павлодар облысына 75 жыл», «Ы. Алтынсарин», «Облыс алдында сіңірген зор еңбегі үшін» және «Қазақстан Республикасы Тәуелсіздігіне 25 жыл», «Қазақстан Республикасы Тәуелсіздігіне 30 жыл» медальдарымен марапатталған.

## ТОКТАГАНОВ ТЮЛЕУГАЗЫ ТОКИЛОВИЧ



### Краткая биографическая справка

Токтаганов Тюлеуғазы Токилович, казах, кандидат технических наук, профессор, декан факультета металлургии, машиностроения и транспорта Павлодарского государственного университета им. С. Торайғырова.

Токтаганов Тюлеуғазы Токилович родился 8 февраля 1947 году в селе Сарбулак Жана-Семейского района Семипалатинской, ныне Восточно-Казахстанской области.

Трудовую деятельность начал после окончания Знаменской средней школы в 1963 году трактористом-мотористом в совхозе Знаменский. В 1964 году поступил на первый курс машиностроительного факультета Павлодарского индустриального института (ПИИ).

После окончания индустриального института в 1969 году Т. Т. Токтаганов был направлен на должность ассистента кафедры Автомобили и тракторы ПИИ. Вся трудовая деятельность Токтаганова Тюлеуғазы Токиловича связана с одним вузом – ПИИ/ПГУ.

В 1975 году окончил очную аспирантуру Московского автомеханического института с досрочной защитой кандидатской диссертации. В июне 1976 года ему присуждена учёная степень кандидата технических наук. В 1980 году ВАКом СССР присвоено учёное звание доцента. 1969–1972 гг. – ассистент кафедры Автомобили и тракторы (АТ), 1975–1983 гг. – старший преподаватель, доцент



кафедры АТ. В 1983 году Т. Т. Токтаганов избран освобождённым секретарём парткома индустриального института.

В 1987 году по конкурсу на альтернативной основе был избран деканом вновь образованного машиностроительного факультета созданного путём объединения двух факультетов: машиностроительного и механико-технологического.

С 1987 по 2001 годы работал деканом факультета, директором учебно-производственного комплекса по машиностроению, института машиностроения и строительства, технического комплекса.

В 2001–2003 гг. являлся заведующим кафедрой «Транспортное машиностроение».

С 2003 года по настоящее время – декан факультета металлургии, машиностроения и транспорта.

Токтаганов Тюлеугазы Токилович один из ветеранов университета, внесший значительный вклад в становление и развитие машиностроительного факультета. Первое студенческое конструкторское бюро (СКБ) в ПИИ было создано по его инициативе на машфаке.

Под руководством Т. Т. Токтаганова в СКБ были разработаны различные механизмы для нужд города и области. Широкозахватный агрегат на базе трактора К-700 и трёх жаток ЖВН-6, разработанный в СКБ, был изготовлен и долгое время эксплуатировался в колхозе им. К. Маркса (ныне Галицкое) Успенского района. На материалах хозяйственной темы, выполнявшейся в СКБ, была подготовлена и защищена кандидатская диссертация.

При активном участии Тюлеугазы Токиловича в 1980 году в ПИИ была создана отраслевая научно-исследовательская лаборатория «Исследования трансмиссий промышленных тракторов» со штатом 15 единиц и ежегодным объёмом финансирования более полумиллиона рублей.

В годы оптимизации и активной приватизации вузовских объектов принципиальность и умение отстаивать интересы коллектива позволило Токтаганову Т. Т. сохранить материальную базу факультета.

В настоящее время ФММиТ самый крупный факультет по численности студентов и магистрантов. На факультете более 1200 обучающихся, из них более 1000 учатся по очной форме обучения. Последние 10 лет ФММиТ под руководством Т. Токтаганова значительно укрепил и развил материальную базу. Факультет имеет три компьютерных класса, один из них на 25 рабочих места, а также три лекционных аудиторий, которые позволяют проводить занятия в режиме онлайн. Созданы лаборатории станков с ЧПУ, литейный, кузнечно-прессовые лаборатории, лаборатории измерительной техники и т.д. На факультете начата подготовка бакалавров по специальности «Нефтегазовое дело». Первые три выпускника этой специальности после завершения магистратуры в КазНТУ имени К. И. Сатпаева начали в текущем учебном году педагогическую деятельность на кафедре МиНГД. Факультет активно участвует в подготовке кадров по программе ГПИИР-2. На факультете уделяется большое внимание профессиональной подготовке ППС. За последние годы, два человека

стали докторами технических наук, девять человек – кандидатами технических наук, трое защитили диссертации доктора PhD. Три человека поступили и учатся в докторантуре. Около ста человек защитили магистерские диссертации. Остепененность на факультете составляет 55 %. Преподаватели факультета проходят стажировки в США, Англии, Швейцарии, Швеции, Японии, Сингапуре, Чехии и других странах, а студенты ежегодно выезжают по программе академической мобильности в страны ближнего и дальнего зарубежья. На факультет регулярно приезжают для чтения лекций и проведения совместных научных исследований ученые из Америки, Европы и России.

В результате научной и педагогической деятельности Токтагановым Тюлеугазы Токиловичем подготовлено и опубликовано более 100 научных и методических работ. Он автор около двадцати учебных пособий и первого русско-казахского терминологического словаря по автомобилям. Под его руководством подготовлены и изданы два толковых терминологических словаря по машиностроению и транспорту. Токтаганов Т. Т. один из разработчиков унифицированной конструкции муфт сцепления для тракторов, выпускавшихся в Советском Союзе. Под руководством Тюлеугазы Токиловича на факультете разработана конструкция универсального колесного трактора кл. 0,9 с грузовой платформой, не имеющей аналога в мире. Результаты его научных работ были внедрены в Павлодарском индустриальном и Алтайском политехническом институтах, на Алтайском моторном, Павлодарском тракторном и Чебоксарском агрегатном заводах и на Челябинском филиале НАТИ.

Тюлеугазы Токилович активно участвует в общественной жизни города, области и страны. Избирался депутатом районного Совета, является членом научно-технического Совета департамента предпринимательства и промышленности Павлодарской области, президентом (на общественных началах) ассоциации ОЮЛ машиностроителей Павлодарской области, членом Союза машиностроителей РК, участвовал в разработке Программы развития машиностроительного комплекса Казахстана на период 2003–2005 годы.

Токтаганов Тюлеугазы Токилович за результаты, достигнутые в научно-педагогической, изобретательской, научно-методической работе, за активную общественную деятельность неоднократно заносился на доску почета ПИИ и награждался знаком «Победитель социалистического соревнования», Почетными грамотами облсовпрофа, областного Совета народных депутатов, Минвуза КазССР, МОН РК, премиями Павлодарского индустриального института, Минвуза КазССР, ПГУ им. С. Торайгырова.

Он награжден медалью «За трудовую доблесть», юбилейной медалью «Қазақстан Конституциясына 10 жыл», нагрудными знаками «Отличник высшей школы СССР», «Қазақстан Республикасының білім беру ісінің құрметті қызметкері», «Құрметті машина жасаушысы», «Құрметті металлург», «Құрметті автокөлікші», Золотой медалью имени Султанмахмута Торайгырова, медалями «75-лет Павлодарской области», «Ы. Алтынсарин», «За заслуги перед Павлодарской областью» и «Қазақстан Республикасы Тәуелсіздігіне 25 жыл».

## СВЕДЕНИЯ О АВТОРАХ

**Абильдинов Эдуард Русланович**, студент, «Көлік техникасы және логистика» кафедрасы, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: Abildinov2003@mail.ru

**Ахметова Айлин Армановна**, техника ғылымдарының магистрі, оқытушы, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: ailin.a.95@mail.ru

**Амангельдиева Гулмадина Болатқызы**, техника ғылымдарының магистры, аға оқытушы, «Инжинирингтік технологиялар және экология» кафедрасы, Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда қ., 120000, Қазақстан Республикасы, e-mail: Amangeldieva74@mail.ru

**Агибаева Алия Жолатовна**, магистр, аға оқытушы, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: ag.aliya84@mail.ru

**Артамонов Вадим Владимирович**, техника ғылымдарының кандидаты, аймақтық техникалық диагностика орталығының беріктік және металтану бөлімінің бас маманы, «Оргэнерггаз «ААҚ» Леноргэнерггаз» СУ, Санкт-Петербург қ., 196247, Ресей Федерациясы, e-mail: vaart1@mail.ru

**Абильдинов Эдуард Русланович**, студент, кафедра «Транспортной техники и логистики», Факультет инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: Abildinov2003@mail.ru

**Ахметова Айлин Армановна**, магистр технических наук, преподаватель, Факультет инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: ailin.a.95@mail.ru

**Амангельдиева Гулмадина Болатовна**, магистр технических наук, ст.преподаватель, кафедра «Инжиниринговых технологий и экологии», Кызылординский университета имени Коркыт Ата, г. Кызылорда, 120000, Республика Казахстан, e-mail: Amangeldieva74@mail.ru

**Агибаева Алия Жолатовна**, магистр, ст. преподаватель, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: ag.aliya84@mail.ru

**Артамонов Вадим Владимирович**, кандидат технических наук, Главный специалист Отдела прочности и металловедения Регионального центра технической диагностики, СУ «Леноргэнерггаз» ОАО «Оргэнерггаз», г. Санкт-Петербург, 196247, Российская Федерация, e-mail: vaart1@mail.ru

**Abildinov Eduard Ruslanovich**, student, Department of Transport Technology and Logistics, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: Abildinov2003@mail.ru

**Akmetova Aylin Armanovna**, Master of Technical Sciences, lecturer, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: ailin.a.95@mail.ru

**Amangeldieva Gulmadina Bolatkyzy**, Master of Technical Sciences, Senior Lecturer Department Engineering Technologies and Ecology, Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda, 120000, Republic of Kazakhstan, e-mail: Amangeldieva74@mail.ru

**Agibayeva Aliya Zholatovna**, Master, senior lecturer, Toraighyrov University, , Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: ag.aliya84@mail.ru

**Artamonov Vadim Vladimirovich**, Candidate of Technical Sciences, Chief Specialist, Department of Strength and Metal Science of the Regional Center for Technical Diagnostics SU «Lenorgenergogaz» of OJSC «Orgenergogaz», St. Petersburg, 196247, Russian Federation, e-mail: vaart1@mail.ru

**Абсолютнова Динара Ризахметқызы**, магистр, аға оқытушы, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: absolyamova.d@mail.ru

**Барзов Александр Александрович**, жетекші ғылыми қызметкер, техника ғылымдарының докторы, профессор, Физика факультеті, М. В. Ломоносов Мәскеу мемлекеттік университеті, Мәскеу қ., 119991, Ресей Федерациясы, e-mail: a.a.barzov@gmail.com

**Быков Петр Олегович**, техника ғылымдарының кандидаты, профессор, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: Bykov\_petr@mail.ru

**Богомолов Алексей Витальевич**, техника ғылымдарының кандидаты, профессор, «Металлургия» кафедрасы, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: bogomolov71@mail.ru

**Байсанов Алибек Сайлаубаевич**, Пирометаллургиялық процестер зертханасының меңгерушісі, профессор, Ж. Әбішев атындағы Химия-металлургиялық институты, Қарағанды қ., 100009, Қазақстан Республикасы, e-mail: alibekbaisanov@mail.ru

**Абсолютнова Динара Ризахметовна**, магистр, ст. преподаватель, факультет инженерии, Торайғыров университет, г.Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: absolyamova.d@mail.ru

**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

**Быков Петр Олегович**, кандидат технических наук, профессор, Факультет инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: Bykov\_petr@mail.ru

**Богомолов Алексей Витальевич**, кандидат технических наук, профессор, кафедра «Металлургии», Факультет инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: bogomolov71@mail.ru

**Байсанов Алибек Сайлаубаевич**, Заведующий лабораторией пирометаллургических процессов, профессор, ХМИ имени Ж. Абишева, г. Караганда, 100009, Республика Казахстан, e-mail: alibekbaisanov@mail.ru

**Absolyamova Dinara Rizakhmetovna**, Master, senior teacher, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: absolyamova.d@mail.ru

**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

**Bykov Petr Olegovich**, Candidate of Technical Sciences, professor, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: Bykov\_petr@mail.ru

**Bogomolov Alexey Vitalievich**, Candidate of Technical Sciences, Professor, Department of Metallurgy, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: bogomolov71@mail.ru

**Baisanov Alibek Sailaubevich**, Leader of the laboratories of pyrometallurgical processes, professor, Zh. Abishev Chemistry-Metallurgy Institute, Karaganda, 100009, Republic of Kazakhstan, e-mail: alibekbaisanov@mail.ru

**Владимиров Дмитрий Владимирович**, магистрант «Құрылыс материалдарын, бұйымдарын және құрастырылымдарын өндіру» мамандығы, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: dimas\_20957@mail.ru

**Байқожин Наятолла Абдуллаұлы**, техника ғылымдарының магистры, Қызылорда қ., 120000, Қазақстан Республикасы, e-mail: amanzholdaulet@gmail.com

**Булыга Леонид Леонидович**, техника ғылымдарының кандидаты., қауымд. профессор, инженерия факультеті Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: bulyga-leonid@rambler.ru

**Гаврилова Наталья Борисовна**, техника ғылымдарының докторы, профессор, ФГБОУ ВО Омбы мемлекеттік аграрлық университеті, Омбы қ., 644000, Ресей Федерациясы, gavrilov.49@mail.ru

**Галиновский Андрей Леонидович**, техника ғылымдарының докторы, профессор, «Зымырандық-ғарыштық машина жасау технологиялары» кафедрасының меңгерушісі, Н.Э.Бауман атындағы ММТУ, Мәскеу қаласы, 105005, Ресей Федерациясы, e-mail: galcomputer@mail.ru

**Владимиров Дмитрий Владимирович**, магистрант, специальность «Производство строительных материалов, изделий и конструкций», Факультет инженерии, Торайғыров университет, Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: dimas\_20957@mail.ru

**Байқожин Наятолла Абдуллаевич**, магистр технических наук, г. Кызылорда, 120000, Республика Казахстан, e-mail: amanzholdaulet@gmail.com

**Булыга Леонид Леонидович**, кандидат технических наук., ассоц. профессор, Факультет инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: bulyga-leonid@rambler.ru

**Гаврилова Наталья Борисовна**, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО Омский ГАУ, г. Омск., 644000, Российская Федерация, e-mail: gavrilov.49@mail.ru

**Галиновский Андрей Леонидович**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технологии ракетно-космического машиностроения», МГТУ им. Н. Э. Баумана, г. Москва, 105005, Российская Федерация, e-mail: galcomputer@mail.ru

**Vladimirov Dmitry Vladimirovich**, undergraduate student, specialty «Production of building materials, products and structures», Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: dimas\_20957@mail.ru

**Baikozhin Nayatolla Abdullauly**, Master of Technical Sciences, Kyzylorda, 120000, Republic of Kazakhstan, e-mail: amanzholdaulet@gmail.com

**Bulyga Leonid Leonidovich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: bulyga-leonid@rambler.ru

**Gavrilova Natalia Borisovna**, Doctor of Technical Sciences, professor, of the FGBOU VO Omsk State Agrarian University, Omsk, 644000, Russian Federation, e-mail: gavrilov.49@mail.ru

**Galinovskiy Andrey Leonidovich**, Doctor of Technical Sciences, professor, Head of the Department of Rocket and Space Engineering Technologies, MSTU im. N. E. Bauman, Moscow, 105005, Russian Federation, e-mail: galcomputer@mail.ru

**Гаврилов Павел**, PhD, Теміржол машина жасау кафедрасы, Көлік және аэроавиатика факультеті, Рига техникалық университеті, Рига қ., Латвия, e-mail: pavels.gavrilovs@rtu.lv

**Горбачев Дмитрий**, PhD, «Теміржол машина жасау кафедрасы», Көлік және аэроавиатика факультеті, Рига техникалық университеті, Рига қ., Латвия.

**Денчик Александр Иванович**, техника ғылымдарының кандидаты, профессор, инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: pavlodarec99@mail.ru

**Дейграф Ирина Эдуардовна**, магистр, аға оқытушы, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: irina\_shtil@mail.ru

**Елубай Мадениет Азаматович**, химия ғылымдарының кандидаты, доцент, Химия және химиялық технологиялар кафедрасының меңгерушісі, Жаратылыстану ғылымдары факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: yelubay.m@tou.edu.kz

**Жакупов Алибек Ныгматуллоевич**, PhD, қауымд. профессор, «Металлургия» кафедрасы, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан

**Гаврилов Павел**, PhD, кафедра Железнодорожного машиностроения, Факультет машиностроения транспорта и аэроавиатики, Рижский технический университет, г. Рига, Латвия, e-mail: pavels.gavrilovs@rtu.lv

**Горбачев Дмитрий**, кафедра «Железнодорожного машиностроения», Факультет машиностроения транспорта и аэроавиатики, Рижский технический университет, г. Рига, Латвия.

**Денчик Александр Иванович**, кандидат технических наук., профессор, Факультет инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: pavlodarec99@mail.ru

**Дейграф Ирина Эдуардовна**, магистр, ст. преподаватель, Факультет инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: irina\_shtil@mail.ru

**Елубай Мадениет Азаматович**, кандидат химических наук., доцент, Факультет естественных наук, зав. кафедрой «Химия и химические науки», Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: yelubay.m@tou.edu.kz

**Жакупов Алибек Ныгматуллоевич**, PhD, ассоц. профессор, кафедра «Металлургия», Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан,

**Gavrilov Pavel**, PhD, Department of Railway Engineering, Faculty of Mechanical Engineering, Transport and Aeronautics, Riga Technical University, Riga, Latvia, e-mail: pavels.gavrilovs@rtu.lv

**Gorbacovs Dmitrijs**, PhD, Department of Railway Engineering, Faculty of Mechanical Engineering, Transport and Aeronautics, Riga Technical University, Riga, Latvia.

**Denchik Alexander Ivanovich**, Candidate of Technical Sciences, professor, Toraighyrov University, Faculty of Engineering, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: pavlodarec99@mail.ru

**Deygraf Irina Eduardovna**, Master, senior teacher, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: irina\_shtil@mail.ru

**Elubay Madeniet Azamatovich**, Candidate of Chemical Sciences, associate professor, Faculty of Natural Sciences, Head of the Department of Chemistry and Chemical Sciences, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: yelubay.m@tou.edu.kz

**Zhakupov Alibek Nygmatullovich**, PhD, associate professor, Department of Metallurgy, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008,

Республикасы, e-mail: alibek\_j85@mail.ru

e-mail: alibek\_j85@mail.ru

Republic of Kazakhstan, e-mail: alibek\_j85@mail.ru

**Жакудаева Ақерке Қайратқызы**, техника ғылымдарының магистрі, Ж. Әбішев атындағы Химия-металлургия институты, Қарағанды, 100009, Қазақстан, e-mail: akerkezhakudaeva@mail.ru

**Жакудаева Ақерке Қайратқызы**, магистр технических наук, Химико-металлургический институт, имени Ж. Абишева, Караганда, 100009, г. Казахстан, e-mail: akerkezhakudaeva@mail.ru

**Zhakudaeva Akerke Kairatkyzy**, Master of Engineering Science, Chmistry-Metallurgy Institute Zh. Abishev, Karaganda, 100009, Kazakhstan, e-mail: akerkezhakudaeva@mail.ru

**Жаркенов Нұрсұлтан Балгаевич**, PhD, аға оқытушы, Жол-көлік факультеті, Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды қ., 100000, Қазақстан Республикасы, e-mail: zhar\_nursultan@mail.ru

**Жаркенов Нұрсұлтан Балгаевич**, PhD, старший преподаватель, Транспортно-дорожный факультет, Карагандинский технический университет, г. Караганда, 100000, Республика Казахстан, e-mail: zhar\_nursultan@mail.ru,

**Zharkenov Nursultan Balgaevich**, PhD, senior lecturer, Transport and Road Faculty, Karaganda Technical University, Karaganda, 100000, Republic of Kazakhstan, e-mail: zhar\_nursultan@mail.ru

**Жапаргазинова Кұлшат Хайроллақызы**, химия ғылымдарының кандидаты., профессор, жаратылыстану ғылымдары факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: gul\_0859@mail.ru

**Жапаргазинова Кұлшат Хайруллаевна**, кандидат химических наук., профессор, факультет естественных наук, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: gul\_0859@mail.ru

**Zhapargazinova Kulshat Khairullaevna**, PhD, professor, Faculty of Natural Sciences, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: gul\_0859@mail.ru

**Зингер Артем Александрович**, магистрант «Металлургия» мамандығы, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: artem\_singer@mail.ru

**Зингер Артем Александрович**, магистрант, специальность «Металлургия», Факультет инженерии, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: artem\_singer@mail.ru

**Zinger Artem Aleksandrovich**, undergraduate student, in Metallurgy, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: artem\_singer@mail.ru

**Зарипов Рамис Юрисович**, аға оқытушы, «Көлік техникасы және логистика» кафедрасы Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: ramis.zaripov@mail.ru

**Зарипов Рамис Юрисович**, ст. преподаватель, кафедра «Транспортной техники логистики», Факультет инженерии, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: ramis.zaripov@mail.ru

**Zaripov Ramis Yurisovich**, teacher, Department of Transport Engineering and Logistics, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: ramis.zaripov@mail.ru

**Виктор Иванов**, PhD, «Теміржол машина жасау» кафедрасы, Машина жасау, көлік және аэроавтика факультеті, Рига техникалық университеті, Рига қ., Латвия

**Виктор Иванов**, PhD, кафедра «железнодорожного машиностроения», Факультет машиностроения, транспорта и аэроавтики, Рижский технический университет, г. Рига, Латвия

**Viktors Ivanovs**, PhD, Department of Railway Engineering, Faculty of Mechanical Engineering, Transport and Aeronautics, Riga Technical University, Riga, Latvia

**Искакова Бактыгуль Байбосыновна**, Сүт және сүт өнімдер технологиясы зертханасының ғылыми қызметкері, Қазақ өнеркәсіпті қайта өңдеу және азықтық ғылыми – зерттеу институты, Семей қ., 071410, Қазақстан Республикасы, e-mail: b.iskakova@mail.ru

**Искакова Бактыгуль Байбосыновна**, Научный сотрудник, СФ ТОО Казахский научно-исследовательский институт пищевой и перерабатывающей промышленности, г Семей, 071410, Республика Казахстан, e-mail: b.iskakova@mail.ru

**Iskakova Baktygul' Baibosynovna**, Senior Researcher, SF LLP Kazakh Research Institute of Food and Processing Industry, Republic of Kazakhstan, Semey, Semey, 071410, Republic of Kazakhstan, e-mail: b.iskakova@mail.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, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: asylbek\_kasenov@mail.ru

**Kasenov Asylbek Zhumabekovich**, Candidate of Technical Sciences, Professor, Faculty of Engineering, Toraigyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: asylbek\_kasenov@mail.ru

**Колпаков Владимир Иванович**, профессор, СМ-12, Н. Э. Бауман атындағы ММТУ, Мәскеу қ., 105005, Ресей Федерациясы, e-mail: kolpakovv@bmstu.ru, kolpakov54@mail.ru

**Колпаков Владимир Иванович**, профессор СМ-12, МГТУ имени Н.Э. Баумана, г. Москва, 105005, Российская Федерация, e-mail: kolpakovv@bmstu.ru, kolpakov54@mail.ru

**Kolpakov Vladimir Ivanovich**, Professor, SM-12, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russian Federation, e-mail: kolpakovv@bmstu.ru, kolpakov54@mail.ru

**Калияшев Бауыржан Серикович**, магистрант, «Көлік техникасы және логистика» кафедрасы, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., Қазақстан Республикасы, baurzhan1996@mail.ru

**Калияшев Бауыржан Серикович**, магистрант, кафедра «Транспортной техники и логистики», факультет инженерии, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: baurzhan1996@mail.ru

**Kaliyashev Baurzhan Serikovich**, undergraduate student, Department of Transport Technology and Logistics, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: baurzhan1996@mail.ru

**Қоңқыбаева Арайлым Ниязбекқызы**, техника ғылымдарының магистрі., ассистент, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Техникалық факультеті, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: arai\_janaarka@mail.ru

**Кулумбаев Нурболат Калиевич**, аға оқытушы, «Металлургия» кафедрасы, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы

**Мусина Жанара Керейовна**, техника ғылымдарының кандидаты, профессор, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140000, Қазақстан Республикасы, e-mail: mussina\_zhanara@mail.ru

**Машиим Әділ Сунгатұлы**, магистрант, «Көлік техникасы және логистика» кафедрасы, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: mashimov1996@mail.ru

**Мукашева Аяулым Рустемовна**, студент, «Тасымалдауды, қозғалысты ұйымдастыру және көлікті пайдалану» мамандығы Техникалық факультеті, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: the.mukasheva@gmail.com

**Қоңқыбаева Арайлым Ниязбекқызы**, магистр технических наук., ассистент, Технический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: arai\_janaarka@mail.ru

**Кулумбаев Нурболат Калиевич**, ст. преподаватель кафедра «Металлургия», Факультет инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

**Мусина Жанара Керейовна**, кандидат технических наук, профессор, Факультет инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан, e-mail: mussina\_zhanara@mail.ru

**Машиим Әділ Сунгатұлы**, магистрант, кафедра «Транспортной техники и логистики», Факультет инженерии, Торайғыров Университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: mashimov1996@mail.ru

**Мукашева Аяулым Рустемовна**, студент, специальность «Организация перевозок, движение и эксплуатация транспорта», Технический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: the.mukasheva@gmail.com

**Kongkybayeva Arailym Niyazbekqyzy**, Master of Technical Sciences, assistant, Technical Faculty, S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: arai\_janaarka@mail.ru

**Kulumbaev Nurbolat Kaliyevich**, senior lecturer Department Metallurgy, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan

**Musina Zhanara Kereiowna**, Candidate of Technical Sciences, professor, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan, e-mail: mussina\_zhanara@mail.ru

**Mashim Adil Sungatuly**, undergraduate student, Department of Transport Technology and Logistics, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, Republic of Kazakhstan, e-mail: mashimov1996@mail.ru

**Mukasheva Ayaulym Rustemovna**, student in «Organization of transportation, movement and operation of transport», Technical faculty, S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: the.mukasheva@gmail.com

**Мусина Лейла Рафаиловна**, магистрант, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: lulu081299@mail.ru

**Мұздыбаев Досаман Рашидұлы**, техника ғылымдарының магистрі, Ж. Әбішев атындағы химия-металлургиялық институты, Қарағанды қ., 100009, Қазақстан Республикасы

**Менендес-Пидал, Игнасио** PhD, профессор, азаматтық инженерия институты, Политехникалық университет г. Мадрид, 28039, Испания, e-mail: ignacio.menendezpidal@upm.es

**Майоров Александр Альбертович**, техника ғылымдарының докторы, профессор, Федералдық Алтай агроботехнология ғылыми орталығының жетекші ғылыми қызметкері, e-mail: maiorov.alex@mail.ru

**Нүсіпбек Жәнібек Тасыбекович**, техника ғылымдарының кандидаты., аға оқытушы, техникалық факультеті, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: tas-bek@mail.ru

**Мусина Лейла Рафаиловна**, магистрант, Факультет инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: lulu081299@mail.ru

**Мұздыбаев Досаман Рашидұлы**, магистр технических наук, Химико-металлургический институт, имени Ж. Абишева, г. Караганда, 100009, Республика Казахстан

**Менендес-Пидал Игнасио**, PhD, профессор, Институт гражданской инженерии, Политехнический университет, г. Мадрид, 28039, Испания, e-mail: ignacio.menendezpidal@upm.es

**Майоров Александр Альбертович**, ведущий научный сотрудник, доктор технических наук, профессор, Федеральный Алтайский научный центр агроботехнологии, e-mail: maiorov.alex@mail.ru

**Нүсіпбек Жәнібек Тасыбекович**, кандидат технических наук, ст. преподаватель, Технический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: tas-bek@mail.ru

**Mussina Leila Rafailovna**, Undergraduate, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: lulu081299@mail.ru

**Muzdybaev Dosaman Rashiduly**, Master of Engineering Science, Chemisty-Metallurgy Institute, Zh. Abisheva, Karaganda, 100009, Republic of Kazakhstan

**Menendez-Pidal Ignacio**, PhD, professor, Institute of Civil Engineering, Polytechnic University, Madrid, 28039, Spain, e-mail: ignacio.menendezpidal@upm.es

**Mayorov Alexander Albertovich**, Leading Researcher, Doctor of Technical Sciences, professor, Federal Altai Scientific Center of Agrobiotechnology, e-mail: maiorov.alex@mail.ru

**Nusupbek Zhanibek Tasybekovich**, Candidate of Technical Sciences, senior lecturer, Technical Faculty, S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: tas-bek@mail.ru

**Оспантаев Маликаждар Куантаевич**, техникалық ғылымдар магистрі, Құбыр илемдеу өндірісінің технологиялық бөлімінің бастығы, «KSP Steel» ЖШС ӨФ, Павлодар қ., 140000, Қазақстан Республикасы, e-mail: malikazhdar@inbox.ru

**Оспантаев Маликаждар Куантаевич**, магистр Технических наук, начальник технологического отдела трубопрокатного производства, ПФ ТОО «KSP Steel», г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан, e-mail: malikazhdar@inbox.ru

**Ospantaev Malikazhdar Kuantaevich**, Master of Technical Sciences, Head of the Technological Department of Pipe Rolling Production, PF LLP «KSP Steel», Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan, e-mail: malikazhdar@inbox.ru

**Никифорова Валентина Геннадьевна**, техника ғылымдарының кандидаты., кауымд. профессор, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті. Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: walgennik@mail.ru

**Никифорова Валентина Геннадьевна**, кандидат технических наук., ассоц. профессор, Факультет инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: walgennik@mail.ru

**Nikiforova Valentina Gennadievna**, Candidate of Technical Sciences, associate professor, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: walgennik@mail.ru

**Нуржауов Амангелді**, техника ғылымдарының докторы., профессор, инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: amankz@inbox.ru

**Нуржауов Амангелды**, доктор технических наук., профессор, факультет инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: amankz@inbox.ru

**Nurzhauov Amangeldy**, Doctor of Technical Sciences, professor, Faculty of Engineering Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: amankz@inbox.ru

**Пузаков Вячеслав Сергеевич**, техника ғылымдарының кандидаты, Бас директор, ЖШҚ «Бюро Энергетик», Раменское қ., 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**, Candidate of Technical Sciences, General Director, LLC «Bureau Energetika», Ramenskoye, 140104, Russian Federation, e-mail: PuzakovVS@mail.ru

**Рахимова Зарина Жумаханқызы**, магистрант, Органикалық заттардың химиялық технологиясы мамандығы, Жаратылыстану ғылымдары факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: zarina10-93@mail.ru

**Рахимова Зарина Жумаханқызы**, магистрант, специальность «Химическая технология органических веществ», Факультет естественных наук, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: zarina10-93@mail.ru

**Rakhimova Zarina Zhumakhankyzy**, undergraduate student in the Chemical technology of organic substances, Faculty of Natural Sciences, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: zarina10-93@mail.ru

**Сембаев Нурболат Сакенович**, техника ғылымдарының кандидаты., профессор, «Транспорттық техника және логистика» кафедрасы, инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: n.sembaev@mail.ru

**Сембаев Нурболат Сакенович**, кандидат технических наук., профессор, кафедра «Транспортной техники и логистики», Факультет инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: n.sembaev@mail.ru

**Sembaev Nurbolat Sakenovich**, PhD., professor, Department of Transport Technology and Logistics, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, n.sembaev@mail.ru

**Сәрсенбаев Дәулет Нұрбекұлы**, магистрант, «Тасымалдауды, қозғалысты ұйымдастыру және көлікті пайдалану» мамандығы, Техникалық факультеті, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: dau\_s.d@mail.ru

**Сәрсенбаев Дәулет Нұрбекұлы**, магистрант, специальность «Организация перевозок, движение и эксплуатация транспорта», Технический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: dau\_s.d@mail.ru

**Sarsenbaev Daulet Nurbekuly**, undergraduate student in Organization of Transportation, Movement and Operation of Transport, Technical faculty, S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: dau\_s.d@mail.ru

**Тусупбекова Марал Жанболатқызы**, магистр, аға оқытушы, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., Қазақстан Республикасы, e-mail: make.t.08@mail.ru

**Тусупбекова Марал Жанбулатовна**, магистр, ст. преподаватель, Факультет инженерии, Торайғыров университет, 140008, г. Павлодар, Республика Казахстан, e-mail: make.t.08@mail.ru

**Tussupbekova Maral Zhanbolatovna**, Master, senior teacher, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, 140008, Pavlodar, Republic of Kazakhstan, e-mail: make.t.08@mail.ru

**Толеуқадыр Руслан Төлеужанұлы**, техника ғылымдарының магистрі, Феррокорытпалар және тотықсыздану процестері зертханасының кіші ғылыми қызметкері, Ж.Әбішев атындағы Химия-металлургия институты, Қарағанды қ., 100009, Қазақстан Республикасы, e-mail: Ruslan-94kz@mail.ru

**Толеуқадыр Руслан Төлеужанұлы**, магистр технических наук, м.н.с лаборатории ферросплавов и процессов восстановления, Химия-металлургический институт имени Ж.Абишева, г. Караганда, 100009, Республика Казахстан, e-mail: Ruslan-94kz@mail.ru

**Toleukadyr Ruslan Toleuzhanuly**, Master of technical sciences, Junior Researcher from the laboratory of ferroalloys and reduction processes, m.t.s., Chemistry-Metallurgy Institute Zh. Abisheva, Karaganda, 100009, Republic of Kazakhstan, e-mail: Ruslan-94kz@mail.ru

**Таңжарықов Панабек Әбсәтұлы**, техника ғылымдарының кандидаты, профессор, Инжинирингтік технологиялар және экология кафедрасы Қорқыт Ата атындағы Қызылорда

**Таңжариков Панабек Абсатович**, кандидат технических наук, профессор, кафедра «Инжиниринговые технологии и экология», Кызылординский университет имени Коркыт Ата,

**Tanzharikov Panabek Absatuly**, Candidate of Technical Sciences, professor Department of Engineering Technologies and Ecology, Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda, 120000,

университеті, Қызылорда қ., 120000, Қазақстан Республикасы, e-mail: Pan\_19600214@mail.ru

**Тлеуберген Айбек Жәнібекұлы**, техника ғылымдарының магистры, аға оқытушы, «Инжинирингтік технологиялар және экология» кафедрасы, Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда қ., 120000, Қазақстан Республикасы, e-mail: aibek\_mn@mail.ru

**Толегенов Диас Талгатович**, аға оқытушы, «Химия және химиялық технологиялар» кафедрасы, Жаратылыстану ғылымдары факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: dika-92@mail.ru

**Тюлюбаев Ренат Асылбекович**, аға оқытушы «Металлургия» кафедрасы, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: tyulyubaev\_92@mail.ru

**Толегенова Диана Жумабековна**, оқытушы Павлодар химия-механикалық колледжі, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы

**Хажметов Лиуан Мухажевич**, Кабардино-Балкар мемлекеттік аграрлық университеті, Нальчик қ., 360030, Ресей Федерациясы, e-mail: hajmetov@yandex.ru

г. Кызылорда, 120000, Республика Казахстан, e-mail: Pan\_19600214@mail.ru

**Тлеуберген Айбек Жанибекулы**, магистр технических наук, ст. преподаватель, кафедра «Инжиниринговые технологии и экология» Кызылординский университет имени Коркыт Ата, г. Кызылорда, 120000, Республика Казахстан, e-mail: aibek\_mn@mail.ru

**Толегенов Диас Талгатович**, ст. преподаватель, кафедра «химия и химические технологии», Факультет естественных наук, Торайғыров университет, г.Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: dika-92@mail.ru

**Тюлюбаев Ренат Асылбекович**, ст. преподаватель кафедра «Металлургия», Факультет инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: tyulyubaev\_92@mail.ru

**Толегенова Диана Жумабековна**, преподаватель, Павлодарский химико-механический колледж, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

**Хажметов Лиуан Мухажевич**, Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет, г. Нальчик 360030, Ресей Федерациясы, e-mail: hajmetov@yandex.ru

Republic of Kazakhstan, e-mail: Pan\_19600214@mail.ru

**Tleubergen Aibek Zhanibekuly**, Master of Technical Sciences, senior lecturer Department of Engineering Technologies and Ecology, Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda, 120000, Republic of Kazakhstan, e-mail: aibek\_mn@mail.ru

**Tolegenov Dias Talgatovich**, senior lecturer, Department of Chemistry and Chemical Technologies, Faculty of Natural Sciences, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: dika-92@mail.ru

**Tyulyubaev Renat Asylbekovich**, senior lecturer of the Department of Metallurgy, Faculty of Engineering Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: tyulyubaev\_92@mail.ru

**Tolegenova Diana Zhumabekovna**, teacher of the Pavlodar Chemical-Mechanical College, Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan

**Khazhmetov Liuan Mukhazhevich**, Kabardino-Balkarian State Agrarian University, Nalchik, 360030, Russian Federation, e-mail: hajmetov@yandex.ru

**Хажметова Залина Лиуановна**, Кабардино-Балкар мемлекеттік аграрлық университеті, Нальчик қ., 360030, Ресей Федерациясы, e-mail: a.khazhmetova@mail.ru

**Чжоу Мью Хтет**, СМ-12 аспиранты, Н. Э. Бауман атындағы ММТУ, Мәскеу қ., 105005, Ресей Федерациясы, e-mail: htet2066@gmail.com

**Шекихачев Юрий Ахметханұлы**, Кабардино-Балкар мемлекеттік аграрлық университеті, Нальчик қ., 360030, Ресей Федерациясы, e-mail: shek-fmep.mail.ru

**Шакихачева Людмила Зачиевна**, Кабардино-Балкар мемлекеттік аграрлық университеті, Нальчик қ., 360030, Ресей Федерациясы, e-mail: sh-ludmila-z@mail.ru

**Хажметова Залина Лиуановна**, Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет, г. Нальчик 360030, Ресей Федерациясы, e-mail: a.khazhmetova@mail.ru

**Чжоу Мью Хтет**, Аспирант СМ-12, МГТУ имени Н. Э. Баумана, г. Москва, 105005, Российская Федерация e-mail: htet2066@gmail.com

**Шекихачев Юрий Ахметханович**, Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет, г. Нальчик, 360030, Ресей Федерациясы, e-mail: shek-fmep.mail.ru

**Шакихачева Людмила Зачиевна**, Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет, г. Нальчик, 360030, Ресей Федерациясы, e-mail: sh-ludmila-z@mail.ru

**Khazhmetova Zalina Liuanovna**, Kabardino-Balkarian State Agrarian University, Nalchik, 360030, Russian Federation, e-mail: a.khazhmetova@mail.ru

**Kyaw Myo Htet**, PhD student SM-12, Bauman Moscow State Technical University, 105005, Russian Federation, e-mail: htet2066@gmail.com

**Shekikhachev Yuri Akhmetkhanovich**, Kabardino-Balkarian State Agrarian University, Nalchik, 360030, Russian Federation, e-mail: sh-ludmila-z@mail.ru

**Shekikhacheva Lyudmila Zachievna**, Kabardino-Balkarian State Agrarian University, Nalchik, 360030, Russian Federation e-mail: sh-ludmila-z@mail.ru

**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.). Рекомендуемое 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 представляются 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: kereku@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 HSBKZZKX Кбе 16 Код 16 КНП 861	

**ОБРАЗЕЦ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ**

МРНТИ 04.51.59

DOI xxxxxxxxxxxxxxxx

**С. К. Антикеева\*, С. К. Ксембаева**

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 ХКИППК ПК, 2001. – 152 с.
- 3 **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. : ГАФКиСим. 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 vospitaniiu (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, С. К. Ксембаева  
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 құзіреттіліктерін қалыптастыру» докторлық диссертация шеңберінде әзірленген біліктілікті арттыру курстары арқылы әлеуметтік қызметкерлердің тұлғалық және кәсіби құзіреттілігін 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. Antikayeva, S. K. Ksembaeva  
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, Гуманитарлық және әлеуметтік ғылымдар факультеті, Павлодар, 140008, Қазақстан Республикасы, samal_antikayeva@mail.ru, 8-000-000-00-00	Антикеева Самал Канатовна докторант по специальности «Педагогика и психология», Торайғыров университет, Факультет гуманитарных и социальных наук, Павлодар, 140008, Республика Казахстан, samal_antikayeva@mail.ru, 8-000-000-00-00	Samal Kanatovna Antikayeva doctoral student in «Pedagogy and psychology», Toraighyrov University, Faculty of Humanities and Social Sciences, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, samal_antikayeva@mail.ru, 8-000-000-00-00

**ПУБЛИКАЦИОННАЯ ЭТИКА  
НАУЧНЫХ ЖУРНАЛОВ НАО «ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТ»  
«ВЕСТНИК ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА»,  
«НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА», «КРАЕВЕДЕНИЕ»**

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 17.03.22 ж. жіберілді. Басуға 27.03.22 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

15 Мб RAM

Шартты баспа табағы 14,5. Таралымы 300 дана.

Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: Е. Е. Калихан

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 3952

«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)

<https://vestnik.tou.edu.kz/>

<http://stk.tou.edu.kz/>