

**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

№ 4 (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/UNEK4627>

Импакт-фактор РИНЦ – 0,342

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

Члены редакционной коллегии:

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

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

© Торайгыров университет

МАЗМҰНЫ

МАШИНА ЖАСАУ

Жангазин Б. Е.

Дәнекерленген қосылыстарды сканерлеу кезінде пьезоэлектрлік
түрлендіргіштерді қолдану 9

Таскарина А. Ж., Тюлюбаев Р. А., Теміртас Х. Б.

Таспалы конвейер үшін тірек элементтерінің сенімділігін арттыру 19

Барзов А. А.

Симультанды технологиялық жүйелердің техникалық-экономикалық
тиімділігінің ықтималдық моделі 30

Мусина Ж. К., Құсайынов Р. Б., Мусина Л. Р.

Бұрғылармен тесіктерді өңдеу процесін жетілдіру 40

МЕТАЛЛУРГИЯ

Абсолямова Д. Р., Тусіпбекова М. Ж., Дейграф И. Э., Кенжебекова А. Е.

Құрамында мыс бар қалдықтарды цементтеу процестерін зерттеу 50

Салина В. А.

Үздіксіз құйылған дайындаманың орталық кеуектілігін төмендету
процестерін модельдеу 59

Көбеген Е., Есенғалиев Д. А., Келаманов Б. С.

ҚХР коксын қалпына келтіру үшін хром кенін жоғары температуралы
қатты фазалы қалпына келтіру процестерін зерттеу 68

Куандықов А. Б., Бакиров А. Г., Жунусов А. К., Быков П. О.

Бастапқы алюминийді тазартуға арналған Екібастұз көмірінің
күлінен жасалған түйіршікті сүзгілер 80

КӨЛІК

**Абишев К. К., Касенов А. Ж., Муканов Р. Б., Сембаев Н. С.,
Сулейменов А. Д.**

Тарту-көлік машинасы массасының оның тарту-ұстасу қасиеттеріне
әсерін зерттеу 91

Туленов А., Шингисбаева Ж. А., Бекболатов Г. Ж., Джунусбеков А. С.

Автомобиль көлігінің қозғалыс жағдайларының қоршаған орта жағдайына
әсерін зерттеу 102

Куанышев М. К., Каукаров А. К., Таханова Г. Ж.

Қатты майлау негізінде поршеньдік сақинаны дамытуды жетілдіру 117

Биниязов А. М., Денисов А. С.

Камаз-евро форсирленген автотракторлы дизельдердің майлау жүйесін алдын алу шараларын жетілдіру 126

Авторлар туралы ақпарат 142

Авторларға арналған ережелер 150

Жариялау этикасы 160

СОДЕРЖАНИЕ**МАШИНОСТРОЕНИЕ****Жангазин Б. Е.**

Применение пьезоэлектрических преобразователей при сканировании сварных соединений 9

Таскарина А. Ж., Тюлюбаев Р. А., Теміртас Х. Б.

Повышение надежности опорных элементов для ленточных конвейеров 19

Барзов А. А.

Вероятностная модель технико-экономической эффективности симультанных технологических систем 30

Мусина Ж. К., Кусаинов Р. Б., Мусина Л. Р.

Совершенствование процесса обработки отверстий сверлами 40

МЕТАЛЛУРГИЯ**Абсолямова Д. Р., Тусупбекова М. Ж., Дейграф И. Э., Кенжебекова А. Е.**

Исследования процессов цементации медьсодержащих отходов методом цементации 50

Салина В. А.

Моделирование процессов снижения центральной пористости непрерывнолитой заготовки 59

Көбеген Е., Есенғалиев Д. А., Келаманов Б. С.

Исследования процессов высокотемпературного твердофазного восстановления хромовой руды с использованием восстановления кокса КНР 68

Куандыков А. Б., Бакиров А. Г., Жунусов А. К., Быков П. О.

Зернистые фильтры из зол экибастузских углей для рафинирования первичного алюминия 80

ТРАНСПОРТ**Абишев К. К., Касенов А. Ж., Муканов Р. Б., Сембаев Н. С., Сулейменов А. Д.**

Исследование влияния массы тягово-транспортной машины на его тягово-сцепные качества 91

Туленов А., Шингисбаева Ж. А., Бекболатов Г. Ж., Джунусбеков А. С.

Исследование влияния условий движения автомобильного транспорта на состояние окружающей среды 102

Куанышев М. К., Каукаров А. К., Таханова Г. Ж. Совершенствование разработки поршневого кольца на основе твердой смазки	117
Биниязов А. М., Денисов А. С. Повышение эффективности эксплуатации форсированных автомобильных дизельных двигателей совершенствованием управления объемом масла в смазочной системе	126
Сведения об авторах	142
Правила для авторов	150
Публикационная этика	160

CONTENTS	
MECHANICAL ENGINEERING	
Zhangazin B. E. Application of piezoelectric transducers when scanning welded joints	9
Taskarina A. Zh., Tyulyubayev R. A., Temirtas Kh. B. Improving the reliability of support elements for a belt conveyor	19
Barzov A. A. Probabilistic model of technical and economic efficiency of simultaneous technological systems	30
Mussina Zh. K., Kussainov R. B., Mussina L. R. Improving the process of processing holes with drills	40
METALLURGY	
Absolyamova D.R., Tussupbekova M. Zh., Deygraf I. E, Kenzhebekova A. Ye. Studies of the processes of cementation of copper-containing waste	50
Salina V. A. Modeling of a continuously cast billet central porosity reducing processes	59
Kobegen E., Esengaliev D. A., Kelamanov B. S. Studies of the processes of high-temperature solid-phase reduction of chromium ore using the PRC coke recovery	68
Kuandykov A. B., Bakirov A. G., Zhunusov A. K., Bykov P. O. Granular filters from Ekibastuz coal ash for refining primary aluminum	80
TRANSPORT	
K. K. Abishev, A. Zh. Kassenov*, R. B. Mukanov, N. S. Sembaev, A. D. Suleimenov Research of the influence of the mass of the tractive and transportation vehicle on its traction and drag properties	91
Tulenov A., Shingisbaeva Zh. A., Bekbolatov G. Zh., Dzhunusbekov A. S. Study of the effect of road traffic conditions on the state of the environment	102
Kuanyshev M. K., Kaukarov A. K., Takhanova G. Zh. Improving the development of a piston ring based on solid lubricant	117

Biniyazov A. M., Denisov A. S.

Improvement of prevention of lubricant system of the forced autotractor diesels kamaz-evro	126
Information about the authors	142
Rules for authors	150
Publication ethics	160

МАШИНОСТРОЕНИЕ

МРНТИ 55.13.17

<https://doi.org/10.48081/EBKZ7320>***Б. Е. Жангазин¹**¹ТОО «ERG Service», Республика Казахстан, г. Павлодар**ПРИМЕНЕНИЕ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ПРИ СКАНИРОВАНИИ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

Разработана схема сканирования металла совмещенным методом, что повышает степень достоверности контроля путем исследования объекта с помощью разных фокусировок. Особенность хордовой схемы прозвучивания это проверка с низкой контролledоступностью связанное с узкими проходами межтрубных пространств. Конфигурация и форма искателя позволяет проникать и контролировать участки где наклонному искателю требуется более широкая расстояние для прохода.

Использование двух пьезоэлектрических преобразователей увеличивает процент нахождения дефектов с помощью использования разной фокусировки и направленности луча. Это в свою очередь позволяет сканировать объект под разными углами. Исключение дефектов маленькой площади путем проверки объемноориентированных дефектов хордовым искателем, а плоскостноориентированных дефектов наклонным искателем. Это схема контроля предотвращает перебраковку хордовым искателем плоскостных дефектов и наклонным искателем объемных, при это позволяя уменьшить процент ложных сигналов или сигналов малой амплитуды которые фиксируются как допустимый дефект. Этот метод дает более полную картину сварного соединения, что в свою очередь влияет на качества контроля, а также качества монтажа и сварки. Применение двух видов искателей ускоряет процесс контроля металла на трубопроводах под давлением различных типоразмеров и конфигурации, так как предотвращает перебраковку путем отсеиваний лишних сигналов.

Ключевые слова: пьезоэлектрические преобразователи, контроль, сварные соединения, сканирование, ультразвук.

Введение

Проведение контроля поверхностей нагрева является основным объемом плановых ремонтов электростанций по контролю металла [1].

На данный момент неразрушающий контроль является одним из самых эффективных способов для определения прочности и качества материалов, а также фактических параметров объекта, его швов или покрытия (толщину, плотность,

однородность), для выявления деформаций и отклонений в ключевых узлах или деталях [3].

Уменьшение брака сварных соединений и, соответственно, снижение объемов ремонта и повышение надежности это – стимулы к внедрению в производство систем автоматизированного ультразвукового контроля [4–7].

В настоящее время существует большое количество разнообразных по принципу действия и назначению преобразователей, используемых для целей неразрушающего контроля. Выбор применяемого пьезоэлектрического преобразователя, а также методов и способов обработки зависят от конструктивных особенностей контролируемого объекта и экономической целесообразности [6, 8–11]

Материалы и методы

Метод основан на применении двух видов искателей таких как: хордовый и наклонный тип пьезоэлектрических преобразователей [5, 6].

Их совместное применение при контроле металла дает более достоверную информацию о сечении и корне сварного соединения так как они имеют разную фокусировку ультразвукового пучка.

Фокусировка хордового типа искателей ориентирована на нахождения и определения объемноориентированных несплошностей сварного соединения.

Хордовый тип ПЭП относится к раздельно-совмещенным преобразователям. Хордовые преобразователи в основном используют для контроля кольцевых сварных швов трубных элементов из углеродистых и низколегированных сталей. Характерная особенность конструкции хордового типа это установка точки фокуса ультразвукового пучка в центр сварного соединения. Это дает возможность к более высокой скорости сканирования так как нет необходимости в возвратно поступательных движениях при контроле наклонным раздельно-совмещенным преобразователем [12].

Такой способ прозвучивания имеет ряд достоинств:

1) Отсутствуют ложные эхосигналы от провисаний в корне сварного шва и от наружного валика усиления. На А-скане дефектоскопа наблюдаются эхосигналы только от внутренних несплошностей.

2) Хордовый ПЭП позволяет выявлять все типичные дефекты сварки, а самое главное он выявляет вертикально ориентированные дефекты такие как свищи, плоскостные несплавления и т.д.

3) Нет поперечного сканирования поскольку прозвучивается сразу все сечение сварного шва.

4) Сокращаются трудозатраты на подготовку (зачистку) околошовных зон изделий. Типичная ширина области сканирования 30–35мм.

5) Реализуется простая технология настройки и контроля. Настройку дефектоскопа проводят по СОП с торцевым плоскодонным отверстием. Браковочный уровень устанавливают по максимуму эхосигнала от плоскодонного отверстия (см. рисунки ниже). Глубиномер и временная регулировка чувствительности дефектоскопа не используется.

Есть несколько ограничений в создании и применении хордовых преобразователей.

1 Хордовый ПЭП является специализированным преобразователем. Он предназначен для контроля заданного типоразмера трубы. Например, преобразователем П122-5,0–38*4 прозвучивают трубы 38*4. Допуски на изменение геометрических размеров (диаметра и толщины стенки) не более 20 %.

2 Качественные акустические характеристики хордовых ПЭП могут быть получены на тонкостенных трубах небольшого диаметра. Диапазон диаметров труб 28–160 мм. Диапазон толщин стенок 4–14мм.

Согласно нормативной технической документации, основные параметры схемы сканирования (углы ввода, направленность луча, угол призмы и т.п.) выбираются таким образом, чтобы направленность луча концентрировалась в рабочем участке сечения сварного соединения. Благодаря этому обеспечивается уверенное выявление различных дефектов в любой зоне стыка в пределах толщины контролируемого объекта, а также в околошовной зоне (для стыков, выполненных аргоновой и электродуговой сваркой). Ультразвуковые волны распространяются параллельно поверхностям объекта контроля, а плоскость отражения перпендикулярна отражающей поверхности плоскостных дефектов. Проекция лучей, падающих на несплошность (и отражающихся от него), на ось сварного соединения лежат на хорде сечения трубы, отсюда происходит название метода сканирования. Многочисленными испытаниями было выявлено высокая степень определения объемноориентированных дефектов хордовым методом [13].



Рисунок 1 – Хордовая схема сканирования

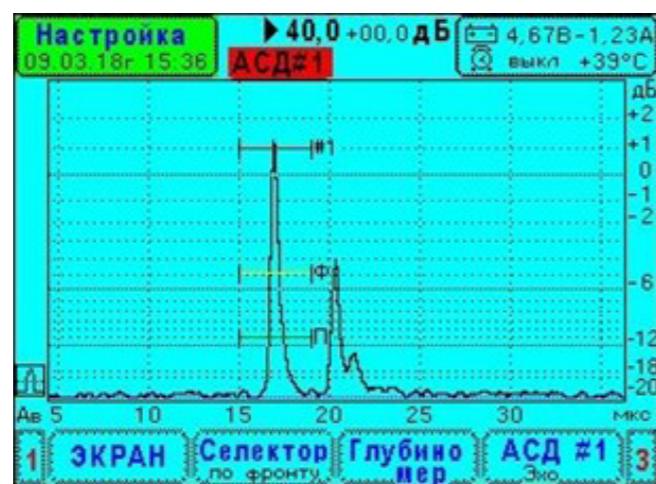


Рисунок 2 – Настройка на стандартный образец предприятия с плоскодонным отражателем

Пример длительности развертки при настройке на хордовый преобразователь

Многочисленные исследования контроля металла стационарных сварных соединений поверхностей нагрева показали эффективность наклонного типа ПЭП при нахождении и определении плоскоориентированных дефектов в отличие от хордовой схемы прозвучивания.

Выборка дефектов проводилась поэтапно согласно СТ РК 2250-2012 «Сварка, термообработка и контроль качества сварных соединений котлов и трубопроводов при монтаже и ремонте оборудования электростанций» [14].

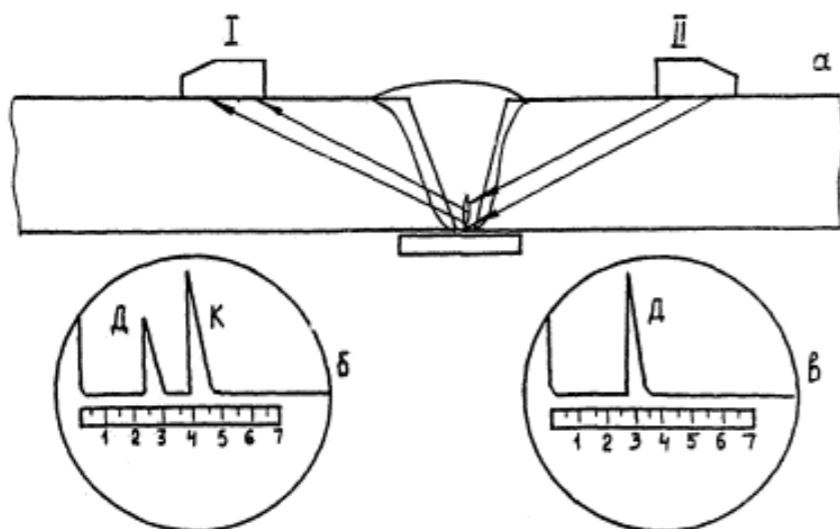


Рисунок 3 – Схема прозвучивания наклонного ПЭП

Производительность контроля определяется шагом и скоростью сканирования (перемещения) преобразователя. При оценке времени контроля учитывается и время на исследование дефекта.

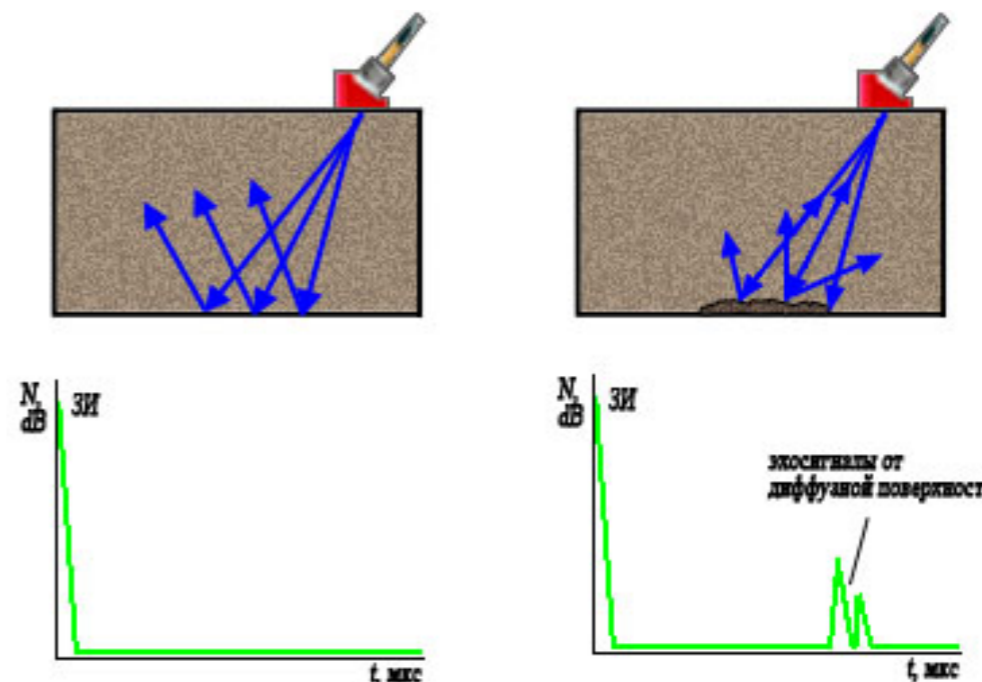


Рисунок 4 – Сканирование с помощью ПЭП наклонного типа

Одним из существенных недостатков «Классического» наклонного типа ПЭП является сложная расшифровка дефектов.

Результаты и обсуждения

Поэтому исследование технологии контроля сварных соединений с применением оборудования, позволяющего проводить оценку и определение фактических размеров несплошностей, является в настоящее время актуальной проблемой.

Разработанная схема сканирования металла совмещенным методом повышает степень достоверности контроля путем исследования объекта с помощью разных фокусировок. Подготовка металла к контролю для совмещенного метода сканирования требует качественного зачищенного изделия с шероховатостью поверхности не хуже 40 Rz, и требует расширения зазора межтрубного пространства с низкой контролledоступностью. Ширина зазора определяется типоразмерам контролируемого изделия. Особенность хордовой схемы прозвучивания это проверка с низкой контролledоступностью связанное с узкими проходами межтрубных пространств. Конфигурация и форма искателя позволяет проникать и контролировать участки где наклонному искателю требуется более широкая расстояние для прохода, поэтому для совмещенного метода нужен более широкий зазор межтрубных пространств при этом совмещенный метод требует

более гладкую поверхность (20...40 Rz) так как хордовый тип искателей имеет огибающую форму под определенный диаметр трубы.

Рекомендованное применение геля вместо более густых смазывающих средств таких как (солидол, литол) ввиду низкой загрязненности при смене искателей и тросиков дабы уменьшить попадание в гнезда смазывающих средств которое в свою очередь может повлиять на достоверность контроля и работе самого прибора.

Выводы

Использование двух ПЭП увеличивает процент нахождения дефектов с помощью использования разной фокусировки и направленности луча. Это в свою очередь позволяет сканировать объект под разными углами. Исключение дефектов маленькой площади путем проверки объемноориентированных дефектов хордовым искателем, а плоскостноориентированных дефектов наклонным искателем. Это схема контроля предотвращает перебраковку хордовым искателем плоскостных дефектов и наклонным искателем объемных, при это позволяя уменьшить процент ложных сигналов или сигналов малой амплитуды которые фиксируются как допустимый дефект. Этот метод дает более полную картину сварного соединения, что в свою очередь влияет на качества контроля, а также качества монтажа и сварки. Применение двух видов искателей ускоряет процесс контроля металла на трубопроводах под давлением различных типоразмеров и конфигурации, так как предотвращает перебраковку путем отсеиваний лишних сигналов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Малкина, И. В., Жданов, Д. В.** Автоматизация контроля сварных соединений // Евразийское Научное Объединение. – 2020. – № 7–2 (65). – С. 123–126.
- 2 **Жангазин, Б. Е.** Метод сканирования сварных соединений с применением двух видов пьезоэлектрических преобразователей // Central Asian Scientific Journal. – 2022. – № 5(9). – С. 11–21.
- 3 **Гейт, А. В., Михайлов, И. И., Зорин, Е. Е.** Применение систем автоматизированного ультразвукового контроля для оценки качества кольцевых сварных соединений магистральных трубопроводов // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2018. – Т. 8. – № 3. – С. 264–272.
- 4 **Ушаков, В. М., Данилов, В. Н.** К вопросу оценки чувствительности ультразвукового контроля сварных соединений объектов энергетики // Дефектоскопия. – 2019. – № 10. – С. 3–13.
- 5 **Ушаков, В. М., Михалев, В. В., Шейнов, В. М.** Особенности контроля кольцевых сварных соединений трубных элементов преобразователями хордового типа // Контроль. Диагностика. – 2021. – Т. 24. – № 7 (277). – С. 50–54
- 6 **Захаренко, В. В., Холодилов, О. В.** Преобразователи для ультразвукового контроля сварных соединений // Современный научный вестник. – 2013. – Т. 12. – № 2. – С. 75–78.

7 **Шумейко, И. А., Касенов, А. Ж., Абишев, К. К.** Роль машиностроения и особенности развития отрасли в Казахстане // Наука и техника Казахстана. – 2019. – № 4. – С. 81–89

8 **Алешин, Н. П., Григорьев, М. В., Базулин, Е. Г. и др.** Ультразвуковой топографический контроль тройников магистральных газопроводов // Сварка и диагностика. – 2009. – № 3. – С. 10–15

9 **Сапронов, А. А., Зибров, В. А.** Использование пьезоэлектрических преобразователей для передачи информации о потребляемых водных ресурсах // Энергосбережение и водоподготовка. – 2009. – № 3(59). – С. 44–46

10 **Умаров, А. А., Умаров, А. Р., Камбаро, Е.** Идентификация объекта управления в динамическом режиме // Наука и техника Казахстана. – 2016. – № 1–2. – С. 62–72

11 **Kassenov, A. Zh., Itybayeva, G. T.** Pass-through peakless saber cutter // Science and Technology of Kazakhstan. – 2022. – № 2. – P. 41–48.

12 РД 34 РК 17.302-03 Инструкция по организации и осуществлению ультразвукового контроля качества сварных соединений паровых и водогрейных котлов, сосудов, работающих под давлением, трубопроводов пара и горячей воды.

13 ГОСТ Р 55725-2013 Неразрушающий контроль, преобразователи ультразвуковые пьезоэлектрические.

14 СТ РК 2250-2012 Сварка, термообработка и контроль качества сварных соединений котлов и трубопроводов при монтаже и ремонте оборудования электростанций.

REFERENCES

- 1 **Malkina, I. V., Zhdanov, D. V.** Avtomatizatsiya kontrolya svarnykh soyedineniy [Automation of control of welded joints] // Eurasian Scientific Association. – 2020. – № 7–2 (65). – P. 123–126.
- 2 **Zhangazin, B. E.** Metod skanirovaniya svarnykh soyedineniy s primeneniym dvukh vidov p'yezoelektricheskikh preobrazovateley [A method of scanning welded joints using two types of piezoelectric transducers] // Central Asian Scientific Journal. – 2022. – № 5(9). – P. 11–21.
- 3 **Geit, A. V., Mikhailov, I. I., Zorin, E. E.** Primeneniye sistem avtomatizirovannogo ul'trazvukovogo kontrolya dlya otsenki kachestva kol'tsevykh svarnykh soyedineniy magistral'nykh truboprovodov [Application of automated ultrasonic testing systems for assessing the quality of ring welded joints of main pipelines] // Science and Technology of Pipeline Transportation of Oil and Oil Products. – 2018. – Т. 8. – № 3. – P. 264–272.
- 4 **Ushakov, V. M., Danilov, V. N.** K voprosu otsenki chuvstvitel'nosti ul'trazvukovogo kontrolya svarnykh soyedineniy ob'yektov energetiki [On the issue of assessing the sensitivity of ultrasonic testing of welded joints in power engineering objects] // Defectoscopy. – 2019. – № 10. – P. 3–13.

5 Ushakov, V. M., Mikhalev, V. V., Sheinov, V. M. Osobennosti kontrolya kol'tsevykh svarnykh soyedineniy trubnykh elementov preobrazovatelyami khordovogo tipa [Features of the control of circumferential welded joints of pipe elements by chord-type transducers] // Control. Diagnostics. – 2021. – Т. 24. – № 7 (277). – P. 50–54.

6 Zakharenko, V. V., Kholodilov, O. V. Preobrazovately dlya ul'trazvukovogo kontrolya svarnykh soyedineniy [Transducers for ultrasonic testing of welded joints] // Modern Scientific Bulletin. – 2013. – Т. 12. – № 2. – P. 75–78.

7 Shumeiko, I. A., Kasenov, A. Zh., Abishev, K. K. Rol' mashinostroyeniya i osobennosti razvitiya otrasli v Kazakhstane [The role of mechanical engineering and features of the development of the industry in Kazakhstan] // Science and Technology of Kazakhstan. – 2019. – № 4. – P. 81–89.

8 Aleshin, N. P., Grigoriev, M. V., Bazulin, E. G. et al. Ul'trazvukovoy topograficheskiy kontrol' troynikov magistral'nykh gazoprovodov [Ultrasonic topographic control of tees of main gas pipelines] // Welding and diagnostics. – 2009. – № 3. – P. 10–15.

9 Sapronov, A. A., Zibrov, V. A. Ispol'zovaniye p'yezoelektricheskikh preobrazovately dlya peredachi informatsii o potrebyayemykh vodnykh resursakh [The use of piezoelectric transducers to transmit information about consumed water resources] // Energy saving and water treatment. – 2009. – № 3 (59). – P. 44–46.

10 Umarov, A. A., Umarov, A. R., Kambarov, E. Identifikatsiya ob'yekta upravleniya v dinamicheskom rezhime [Identification of the control object in dynamic mode] // Science and Technology of Kazakhstan. – 2016. – No. 1–2. – P. 62–72.

11 Kassenov, A. Zh., Itybayeva, G. T. Pass-through peakless saber cutter // Science and Technology of Kazakhstan. – 2022. – № – P. 41–48.

12 RD 34 RK 17.302-03 Instruktziya po organizatsii i osushchestvleniyu ul'trazvukovogo kontrolya kachestva svarnykh soyedineniy parovykh i vodogreynykh kotlov, sudov, rabotayushchikh pod davleniyem, truboprovodov para i goryachey vody [Instructions for the organization and implementation of ultrasonic quality control of welded joints in steam and hot water boilers, pressure vessels, steam and hot water pipelines].

13 GOST R 55725-2013 Nerazrushayushchiy kontrol', preobrazovately ul'trazvukovyye p'yezoelektricheskiye [Non-destructive testing, ultrasonic piezoelectric transducers].

14 ST RK 2250-2012 Svarka, termoobrabotka i kontrol' kachestva svarnykh soyedineniy kotlov i truboprovodov pri montazhe i remonte oborudovaniya elektrostantsiy [Welding, heat treatment and quality control of welded joints of boilers and pipelines during installation and repair of power plant equipment].

Материал поступил в редакцию 24.11.2022.

*Б. Е. Жангазин¹

¹«ERG Service» ЖШС, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

Материал баспаға түсті 24.11.2022.

ДӘНЕКЕРЛЕНГЕН ҚОСЫЛЫСТАРДЫ СКАНЕРЛЕУ КЕЗІНДЕ ПЬЕЗОЭЛЕКТРЛІК ТҮРЛЕНДІРГІШТЕРДІ ҚОЛДАНУ

Біріктірілген әдіспен металды сканерлеу схемасы жасалды, бұл объектіні әртүрлі фокустармен зерттеу арқылы бақылаудың сенімділік дәрежесін арттырады. Хордалық дыбыстық схеманың ерекшелігі болып табылады төмен бақыланатын тексеру құбыраралық кеңістіктердің тар жолдарымен байланысты. Іздеушінің конфигурациясы мен пішіні көлбеу іздеушіге өту үшін кеңірек қашықтық қажет болатын жерлерге кіруге және басқаруға мүмкіндік береді.

Екі пьезоэлектрлік түрлендіргішті пайдалану әртүрлі сәулелік фокус пен фокусты қолдану арқылы ақауларды табу пайызын арттырады. Бұл өз кезегінде нысанды әртүрлі бұрыштардан сканерлеуге мүмкіндік береді. Аккорд іздеушінің көлемді бағдарланған ақауларын, ал көлбеу іздеушінің жазықтыққа бағдарланған ақауларын тексеру арқылы шағын аумақтың ақауларын жою. Бұл бақылау схемасы аккорд іздеушінің жазықтық ақауларын және көлбеу көлемді іздеушіні қайта орналастыруына жол бермейді, ал жалған немесе кіші амплитудалық сигналдардың пайызын азайтуға мүмкіндік береді. рұқсат етілген ақау ретінде бекітіледі. Бұл әдіс дәнекерленген қосылыстың толық бейнесін береді, бұл өз кезегінде бақылау сапасына, сондай-ақ орнату және дәнекерлеу сапасына әсер етеді. Іздеушілердің екі түрін қолдану әртүрлі өлшемдер мен конфигурациялардың қысымымен құбырлардағы металды бақылау процесін жылдамдатады, өйткені ол артық сигналдарды елеу арқылы ақауларды жоюға жол бермейді.

Кілтті сөздер: пьезоэлектрлік түрлендіргіштер, бақылау, дәнекерленген қосылыстар, сканерлеу, ультрадыбыстық.

*B. E. Zhangazin¹

¹ERG Service LLP, Republic of Kazakhstan, Pavlodar

Material received on 24.11.2022.

APPLICATION OF PIEZOELECTRIC TRANSDUCERS WHEN SCANNING WELDED JOINTS

A scheme for scanning metal by a combined method has been developed, which increases the degree of reliability of control by examining the object using different focusses. The peculiarity of the chordal sounding scheme is a check with low accessibility associated with narrow passages of intertubular spaces. The configuration and shape of the finder allows you to penetrate and control areas where an inclined finder requires a wider distance to pass.

The use of two piezoelectric transducers increases the percentage of defects found by using different focusing and beam directionality. This in turn allows you to scan the object from different angles. Elimination of defects of a small area by

checking volume-oriented defects with a chord finder, and plane-oriented defects with an inclined finder. This control scheme prevents the chord finder from rejecting planar defects and the inclined volume finder, while allowing to reduce the percentage of false signals or low-amplitude signals that are fixed as an acceptable defect. This method gives a more complete picture of the welded joint, which in turn affects the quality of control, as well as the quality of installation and welding. The use of two types of finders accelerates the process of metal control on pipelines under pressures of various sizes and configurations, as it prevents overfitting by screening out unnecessary signals.

Keywords: piezoelectric converters, control, welded joints, scanning, ultrasound.

FTAMP 55.33.99

<https://doi.org/10.48081/NPZC8631>

А. Ж. Таскарина¹, *Р. А. Тюлюбаев², Х. Б. Темірмас³

^{1,2,3}Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

ТАСПАЛЫ КОНВЕЙЕР ҮШІН ТІРЕК ЭЛЕМЕНТТЕРІНІҢ СЕНІМДІЛІГІН АРТТЫРУ

Бұл мақалада таспалы конвейердің роликті тіректерін сырғанау тіректерімен ауыстыру мүмкіндігі қарастырылады. Сырғанау тіректері төмен фракциялы материалмен қапталған таспаның тірек негізі болып табылады. Сырғанау тіректерінде айналмалы элементтер, мойынтіректер, майлау жүйелері жоқ, олар техникалық қызмет көрсету шығындарын қажет етпейді. Сырғанау тіректерінің конструкциясының қарапайымдылығы мен компамдылығы, оларды пайдалану кезінде жүктемелін материалдан жүктемелердің едәуір төмендеуі, ол үшін тірек бетінің ұлғаюына байланысты, ұзақ қызмет ету мерзімі осы тіректерге жоғары өнімділік пен сенімділікті қамтамасыз етеді.

Таспалы конвейерлерде сырғанау тіректерін орналастырудың мүмкін схемалары, сондай-ақ роликті тірек пен сырғанау тірегі элементтерінің өзара әрекеттесуінің дизайны мен құрылымдық схемалары ұсынылған. Сырғанау тірегінің сенімділік көрсеткіштерін есептеу жүргізілді.

Жоғарыда келтірілген зерттеу нәтижелері олардың сенімділігінің негізгі көрсеткіштеріне байланысты сырғанау бағанының бірлік сапа көрсеткіштері роликті тіректердің ұқсас сапа көрсеткіштерінен үш есе жоғары екенін көрсетеді.

Конвейер таспалары, олардың түйіспелі қосылыстары, үзілген конвейер таспасын ұстауға арналған құрылғылар, конвейердің тиеу тораптарындағы таспаға арналған тірек құрылғылары сияқты таспа конвейерінің құрылымдық элементтерінің ресурсын арттыру осы жұмысты орындау процесінде әзірленген жаңа техникалық шешімдердің, мысалы, тиеу тораптарындағы және конвейердің бос тармағындағы роликті тіректердің сырғанау тіректері есебінен қамтамасыз етілуі мүмкін.

Кілтті сөздер: тірек элементі, сырғанау тірегі, таспа, конвейер, сенімділік.

Кіріспе

Тау-кен өнеркәсібіндегі көлік жүйелерінің дамуындағы басым үрдіс оларды толық конвейерлеуге көшу болып табылады, тұтас жүк ағыны құрылады, оның үзілуі негізгі (магистральдық) таспалы конвейердің істен шығуына байланысты, шын мәнінде, осы істен шығуды жою кезеңінде жұмыстардың тоқтатылуына әкеледі [1].

Таспалы конвейерлердің конструкцияларында роликті тіректер әдетте таспаның тірек элементтері ретінде қолданылады. Таспаларға арналған тірек конструкцияларының басқа түрлерінен роликті тіректердің басты артықшылығы-таспаның қозғалысына төмен қарсылық коэффициентін қамтамасыз ету (0,30–0,50). Алайда, бейне тіректердің бірқатар кемшіліктері бар, олардың ең бастысы-олардың қызмет ету мерзімін шектейтін жеткіліксіз сенімділік жүктеу тораптарында 3–6 ай және конвейер қақпағында 2,5–3 жыл, сонымен қатар техникалық қызмет көрсетудің жоғары күрделілігі. Кемшіліктердің қатарына роликті тіректердің салыстырмалы түрде жоғары құнын да жатқызуға болады, олардың үлесі конвейердің жалпы құнында 20 % асады. Роликті тіректердің жиі өзгеруіне байланысты олардың белдік конвейерлерін пайдаланатын кәсіпорындар үшін қажеттілігі айтарлықтай мәнге жетеді және үлкен қаржылық шығындармен байланысты [2].

Конвейерлердің бүкіл қызмет ету мерзімінде олардың тіректеріндегі роликтер екіден төрт-бес есеге дейін жаңартылады, ал жүктеу түйіндерінде жиі кездеседі. Роликті тіректерге қызмет көрсету және жөндеу шығындары конвейер үшін барлық пайдалану шығындарының 40 % құрайды.

100-ден астам ленталық конвейерлер пайдаланылатын «KAZ Minerals» роликті тіректері үшін роликтерге нормативтік жылдық қажеттілік шамамен 5–10 мың теңге бір роликтің құны кезінде 10 мың дана құрайды, оларға арналған жылдық шығындар 100 млн. теңгеге дейін құрауы мүмкін. Бұл қажеттілік кәсіпорынның қаржылық мүмкіндіктеріне қарай 20 % ғана қанағаттандырылады. Мұндай жағдайларда конвейерлерде конвейер белдеуінің тозу қарқындылығын арттыратын және тұтастай алғанда конвейердің сенімділігін төмендететін роликті тіректерін конвейер қақпағына қою қадамын күшейтуге мәжбүр болады.

Іс жүзінде барлық тау-кен өндіруші кәсіпорындарда конвейерлерді тиеу тораптарындағы роликті тіректердің ресурсын арттыру және жүктің таспаға динамикалық әсерін азайту проблемасы өткір түр.

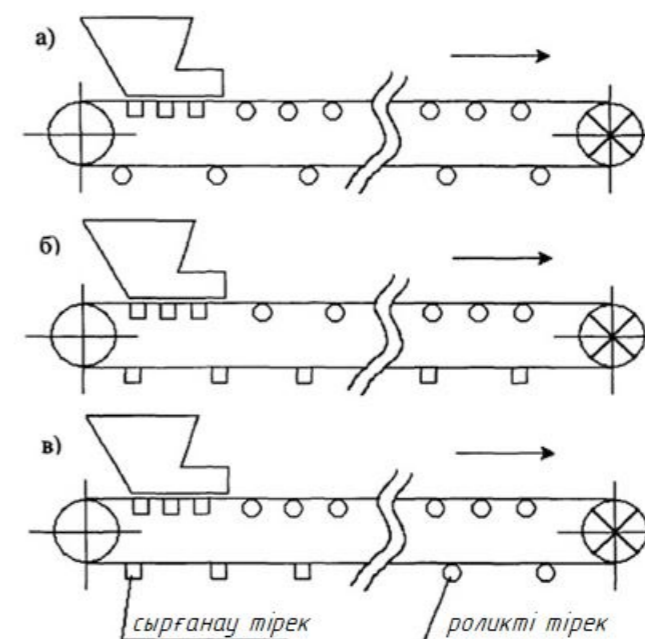
Конвейерлік таспаларға арналған тірек тораптары мен элементтерінің дизайнын жетілдіру – таспалы конвейерлердің сенімділігін арттырудың негізгі міндеттерінің бірі.

Роликті тіректерге белгілі балама жылжымалы тіректер болып табылады, олар төмен үйкелісті материалмен қапталған белдік үшін тірек негізі болып табылады. Сырғымалы мойынтіректерді және роликті мойынтіректерді өндіру құны шамамен бірдей. Бірақ сырғанау мойынтіректерінде айналмалы элементтер, мойынтіректер, майлау жүйелері жоқ. Олар іс жүзінде оларға техникалық қызмет көрсету құнын талап етпейді. Жылжымалы тіректер конструкциясының қарапайымдылығы мен ықшамдылығы, оған арналған тірек бетінің ұлғаюына байланысты жүктелген материалдан белдікке меншікті жүктемелерді пайдаланудың айтарлықтай төмендеуі, белдіктің өткір қырлы кесектермен үзілуін жою жүктің, ұзақ қызмет ету мерзімі тек үйкеліске қарсы төсем қабатының қалыңдығымен шектеледі, осы қолдауларды жоғары өнімділік пен сенімділікпен қамтамасыз етеді.

Отандық және шетелдік тәжірибеде конвейерлердің тиеу құрылғыларында әртүрлі конструктивтік шешімдердің сырғанау подшипниктерін тиімді пайдалану мысалдары белгілі [3–6].

Жүктеу түйіндеріндегі сырғымалы тіректерінің қызмет ету мерзімі тасымалданатын жүктің абразивтілігіне байланысты 30 000 сағатқа дейін жетеді. Жүктеме фронтының қысқа ұзындығына (2,5–3 м) байланысты, осы аймақтағы таспаның қозғалысына төзімділіктің жоғарылауы іс жүзінде жүк тасымалының жалпы энергия сыйымдылығын арттырмайды және таспаның температуралық қызуын тудырмайды.

1-суретте таспалы конвейерлердегі жылжымалы мойынтіректердің ықтимал схемалары көрсетілген. Жылжымалы мойынтіректердің пайдалану қасиеттері айтарлықтай олардың жобалық шешімдеріне және антифрикционды жабындардың физикалық-механикалық қасиеттеріне байланысты, оларды қарастыру және талдау төменде келтірілген.



Сурет 1 – Сырғанау тіректерін орналастырудың ықтимал схемалары
 а – тек жүктеу түйінінде; б – жүктеу түйінінде және бос тармақтың бүкіл ұзындығында (резеңке-мата таспасы бар конвейерлер үшін);
 в – жүктеу түйінінде және роликті тіректі бос бұтаққа ішінара ауыстыру (резеңке арқанды таспасы бар конвейерлер үшін)

Жылжымалы мойынтіректердің сенімділік көрсеткіштерінің ақылға қонымды мәндерін олардың жұмысы туралы қазіргі уақытта жоқ статистикалық деректердің жеткілікті мөлшері болған жағдайда ғана алуға болады. Бірақ сенімділік теориясы жобалау сатысында жаңа өнімнің немесе жүйенің сенімділігінің ең маңызды

көрсеткіштерін базалық, массалық болып табылатын ұқсас көрсеткіштермен салыстыру арқылы жаңа жүйенің немесе өнімнің өнімділік дәрежесін дәл болжауға мүмкіндік береді.

Материалдар мен әдістер

Қарастырылып отырған жағдайда сырғанау тірегінің сенімділік көрсеткіштерін сериялық конвейердің роликті мойынтіректерінің сенімділік көрсеткіштерімен салыстыруға болады. Бұл ретте, конвейер қаңқасының сенімділігі оған орнатылған таспаға арналған тірек элементтерінің жұмысқа жарамдылығына байланысты болатынын ескеру қажет, олардың белгілі бір сандық артықтығы бар. Нәтижесінде тірек элементтерінің бір немесе белгілі бір санының істен шығуы желінің істен шығуына және кейіннен конвейердің істен шығуына әкелмеуі мүмкін. Демек, тірек сенімділігін формуласымен анықталатын ақаусыз жұмыс істеу ықтималдығы жүктелген параллель қоры бар жүйенің сенімділігі ретінде қарастырған жөн [7].

$$P_{nk}(t) = \sum_{k=m}^n C_n^k [1 - q(t)^k][q(t)]^{n-k} \quad (1)$$

мұндағы $C_n^k = \frac{n!}{k!(n-k)!}$;

n – жүйеде таспа үшін тірек элементтерінің жалпы саны;

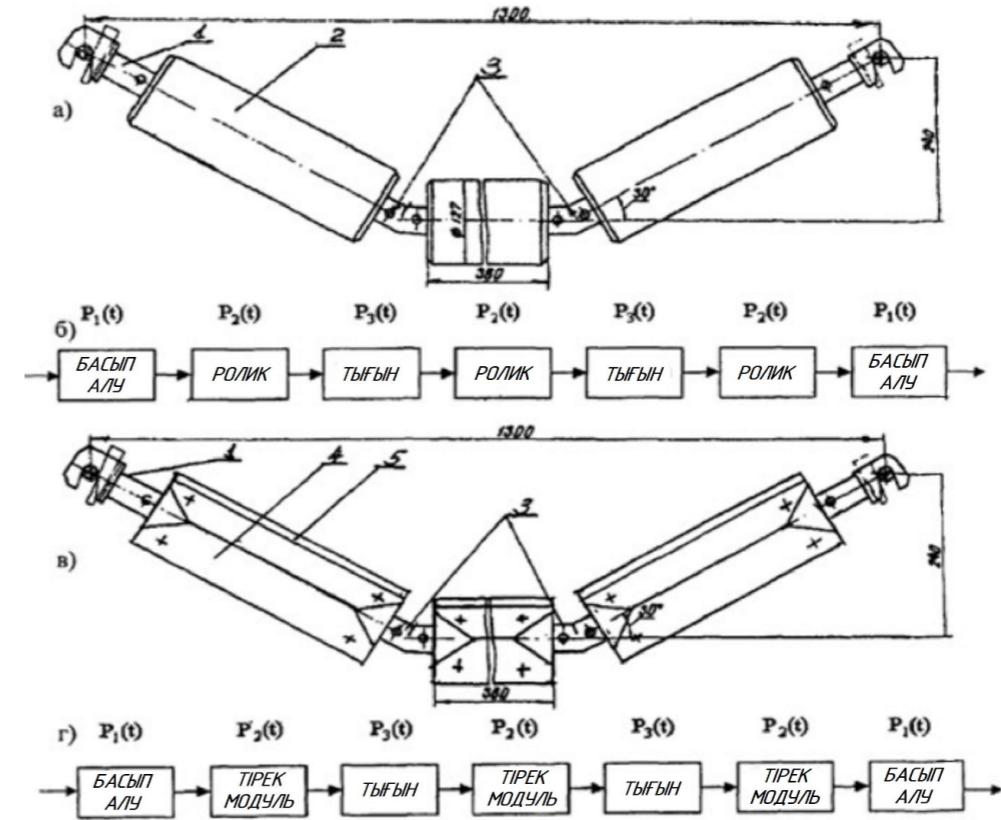
k – ақаулы тірек элементтерінің саны;

g(t) – жүйеге кіретін барлық элементтер үшін бірдей қабылданатын әрбір элементтің істен шығу ықтималдығы;

m – жүйенің жұмыс қабілеттілігі қамтамасыз етілетін ақаулы тірек элементтерінің шекті саны.

Айта кету керек, формуланы (1) қолдану қиын, өйткені оған кіретін «w» параметрінің мәні құбырдың түріне және пайдалану параметрлеріне байланысты, бұл оны конвейердің нақты жұмыс жағдайында анықтауды қиындатады және уақытты қажет етеді.

Бұл әдісті қолданған кезде таспаның негізгі тірек элементі ретінде сырғанау тірегінің сенімділігін бағалау үшін бірыңғай үш роликті тірек (2-сурет, а) қабылданады, ол арқанды конвейерлермен жабдықталған. Онымен салыстыру үшін үш блоктық сырғанау тірегі қабылданады. Сенімділікті салыстырмалы бағалау үшін өнімді жобалау кезінде қабылданған сенімділіктің маңызды көрсеткіштерінің арақатынасы қарастырылды. Бұл қатынастар жаңадан жобаланған өнім сапасының жалпыланған индикаторының жалғыз көрсеткіштері ретінде, жұмыссыздықтың ықтималдылық факторы және жарамдылық факторы ретінде қарастырылды.



Сурет 2 – Роликті тіректер пен сырғанау мойынтірегі элементтерінің өзара әрекеттесуінің конструкциясы мен құрылымдық сұлбалары
 а – ролик тірегінің құрылымдық сұлбасы; б – ролик тірегі элементтерінің өзара әрекеттесуінің құрылымдық схемасы; в – сырғанау тірегінің құрылымдық сұлбасы; д – сырғымалы тірек элементтерінің өзара әрекеттесуінің құрылымдық схемасы; 1 – басып алу; 2 – ролик; 3 – жалғастырғыш гильза; 4 – жылжымалы тірек модуліне арналған үйкеліске қарсы пластина

Ақаусыз жұмыс істеу ықтималдық коэффициенті бойынша бір ғана сапа көрсеткіші формула бойынша анықталады

$$K(t) = \frac{P_{o.c}(t)}{P_{p.o.}(t)} \quad (2)$$

$P_{o.c}(t)$ мұндағы – вер сырғымалы тірегінің ақаусыз жұмыс істеу ықтималдығы; $P_{p.o.}(t)$ – ролик тірегінің ақаусыз жұмыс істеу ықтималдығы.

Тұрақтылық коэффициенті бойынша жылжымалы тірек сапасының бір көрсеткіші теңдеуден анықталады

$$K(\tau) = \frac{T_{Boc}}{T_{Bpo}} \quad (3)$$

T_{Boc} и T_{Bpo} мұндағы и – ылжымалы мойынтіректің және роликті мойынтіректің сәйкесінше бір ақауының қалпына келтіру уақыты.

$K(t) > 1$ және $K(t) \leq 1$ болғанда жаңа өнімнің жоғарырақ сапа деңгейін қамтамасыз ететін сенімділігі туралы айтуға болады.

Жылжымалы тірек пен роликті тіреудің құрылымдық элементтерінің өзара әрекеттесуінің құрылымдық схемаларын (2-сурет, г және б) тізбекті тізбектер ретінде қарастыруға болады.

Олардың құрамдас элементтерінің ақаулары бір-бірінен тәуелсіз және олардың кез келгенінің істен шығуы бүкіл жүйенің істен шығуына әкеледі. [8-10].

Сенімділік теориясына сәйкес бірдей элементтер жүйесінің ақаусыз жұмыс істеу ықтималдығын формула бойынша анықтауға болады

$$P(t) = \frac{N(t)}{N(t_0)} \quad (4)$$

мұндағы $N(t)$ – t қарастырылатын уақыт аралығының соңында жарамды болып қалатын бір типті элементтердің саны;

$N(t_0)$ – жарамды элементтердің бастапқы саны.

Формула (4) келесі ережелерді сақтай отырып, қарастырылып отырған үш роликті тірекке қатысты қолданылуы мүмкін [11]:

- барлық роликтер бірізді схема бойынша өзара әрекеттеседі және олардың кез-келгенінің істен шығуы роликтің істен шығуына әкеледі, өйткені бұл жағдайда ол номиналды жұмыс режимінде жұмыс істей алмайды;

- қарастырылып отырған уақыт аралығында үш роликтің біреуінің ғана істен шығуына байланысты тек бір ғана ролик ақаулығы орын алады.

Бұл жағдайда $N(t_0) = 3$ және $N(t) = 2$. Сонда (4) сәйкес бізде

$$P_2(t) = \frac{N_p(t)}{N_p(t_0)} = \frac{2}{3} = 0,66$$

Қарастырылған уақыт интервалында t дұрыс таңдалған қалыңдығы бар сырғанау мойынтіректің істен шығуы, жоғарыда айтылғандай тірек модулінің антифрикциялық элементінің емес, екіталай. Осының негізінде оның ақаусыз жұмыс істеу ықтималдығы $P_2'(t)$ 0,95–0,98 шегінде бағалануы мүмкін. Сонда

$$K(t) = 2,98$$

Бұл сырғымалы мойынтіректің істен шығу ықтималдығы роликті мойынтіректерге қарағанда шамамен үш есе төмен және оның сапа деңгейі осы көрсеткіште бірнеше есе жоғары екенін көрсетеді.

Нәтижелер және талқылау

Формулары пайдалана отырып, $[K(\tau)]$ тұрақтылық коэффициенті бойынша сырғанау мойынтіректің сенімділігінің бір көрсеткішін бағалау үшін келесі ережелерден шығамыз:

– роликті мойынтірек пен сырғымалы мойынтіректің бір типті элементтерінің ақауларын қалпына келтіру уақыты бірдей деп есептеледі;

– шығыршық тірегінің істен шығуының негізгі себебі роликтің істен шығуы болып табылады, ол ролик тірегінің қалпына келмейтін элементтері санатына жатады. Сәтсіз роликті жаңасына ауыстыру ролик тірегін ішінара немесе толық бөлшектеу және оны кейіннен орнату арқылы жүзеге асырылады. Статистикалық мәліметтерге сәйкес [11], ролик тірегі ақаулығының орташа қалпына келтіру уақыты 3 сағатты құрайды;

– жылжымалы тірек үйкеліске қарсы элементі бар тірек модулі қалпына келтірілетін нысан болып табылады. Оның конструкциясы алынбалы үйкеліске қарсы элементті жаңасына ауыстыру қажет болған жағдайда оны жылдам ауыстыру мүмкіндігін қарастырады. Мұндай ақаулықты қалпына келтіру уақыты, тәжірибе көрсеткендей, жылжымалы тіректерді бөлшектеуді қажет етпей, 1 сағаттан аспайды.

Содан кейін (3) теңдеуіне сәйкес, техникалық қызмет көрсету жағдайында жылжымалы тірек сапасының бірыңғай көрсеткіші

$$K(\tau) = \frac{T_{Boc}}{T_{Bpo}} = \frac{1}{3}$$

Осылайша, сырғымалы мойынтіректің істен шығуын жөндеудің күрделілігі роликті мойынтірекке қарағанда 3 есе аз.

Қорытындылар

Сенімділік – объектінің сапасын сипаттайтын негізгі қасиеттердің бірі. Жоғарыда келтірілген зерттеу нәтижелері сырғымалы мойынтіректердің сапасының жалғыз көрсеткіштері олардың сенімділігінің негізгі көрсеткіштеріне байланысты роликті мойынтіректердің сапасының ұқсас көрсеткіштерінен үш есе жоғары екенін көрсетеді.

Конвейер таспалары, олардың түйіспелі қосылыстары, үзілген конвейер таспасын ұстауға арналған құрылғылар, конвейердің тиеу тораптарындағы таспаға арналған тірек құрылғылары сияқты таспа конвейерінің құрылымдық элементтерінің ресурсын арттыру осы жұмысты орындау процесінде әзірленген жаңа техникалық шешімдердің, мысалы, тиеу тораптарындағы және конвейердің бос тармағындағы роликті тіректердің сырғанау тіректері есебінен қамтамасыз етілуі мүмкін.

- 1 **Сергеев, В. Ю.** Анализ повреждаемости конвейеров ленточных горно-обогатительного производства / В. Ю. Сергеев, Ю. В. Петухов, А. Ю. Хлесткин // Наука и Безопасность. – 2015. – № 3. – Б. 16–21.
- 2 **Васильев, К. А.** Транспортные машины и грузоподъемное оборудование обогатительных фабрик : учебное пособие / К. А. Васильев, А. К. Николаев, К. Г. Сазонов. – СПб. : Наука, 2006. – 359 б.
- 3 **Кольга, А. Д.** Повышение эффективности работы ленточных конвейеров / А. Д. Кольга, М. И. Полякова // Комплексное освоение месторождений полезных ископаемых: межвуз. сб. научн. тр. – Магнитогорск : Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г. И. Носова, 2012. – Б. 156–161.
- 4 **Kaung Pyae Aung.** Development of a mathematical model of belt conveyor with twin-engine drive / Pyae Aung, Kaung, V. V. Dmitrieva, L. D. Pevzner. // International Academic Conference on Engineering, Technology and Innovations (IACETI2016), Beijing, China. ISBN: 978-93-86291-05-9 P. 5–8.
- 5 **Qing Lu.** Research and Design of Monitoring System for Belt Conveyor / Qing Lu, Xiaohui Wang, Liyun Zhuang // 2012 International Conference on 101 Computer Science & Service System (CSSS). – Nanjing, China, 2012. – DOI: 10.1109/CSSS.2012.485. – P. 1943–1945.
- 6 **Kozhubaev, Y. N.** Fuzzy control system for belt conveyor / Y. N. Kozhubaev, I. M. Semenov // Results of Joint Research Activity of Scientists from Saint-Petersburg State Polytechnical University and Leibniz University of Hannover Proceeding of Symposium on. Automated Systems and Technologies. – Hannover. : Leibniz University of Hannover, 2014. – P. 111–114
- 7 **Галкин, В. И.** Методы расчета и оценка показателей надежности ленточных конвейеров горных предприятий : диссертация. доктора технических наук : 05.05.06. [Текст] / – Москва, 2000. – 421 б.
- 8 **Карепов, В. А.** Надежность горных машин и оборудования : учебное пособие / В. А. Карепов, Е. В. Безверхая, В. Т. Чесноков. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2012. – 134 б.
- 9 **Киселев, Б. Р.** Ленточный конвейер. Расчет и проектирование основных узлов : учебное пособие / Б. Р. Киселев, М. Ю. Колобов. – Иваново : Иван. гос. хим.-технол. ун-т, 2019. – 179 б.
- 10 **Кожушко, Г. Г.** Расчет и проектирование ленточных конвейеров : учебно-методическое пособие / Г. Г. Кожушко, О. А. Лукашук. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2016. – 232 б.
- 11 **Кожубаев, Ю. Н.** Моделирование поточно-транспортной системы ленточных конвейеров / Ю. Н. Кожубаев, О. В. Прокофьев, В. И. Филимонов // Научно-технические ведомости СПбГПУ, Сер. : Наука и образование. – 2010. – № 3(106). – Б. 73–78.

- 1 **Sergeev, V. Yu.** Analiz povrezhdaemosti konveierov lentochnykh gorno-obogatitel'nogo proizvodstva / V. Yu. Sergeev, Yu. V. Petukhov, A. Yu. Khlestkin // Nauka i Bezopasnost. – 2015. – № 3. – P. 16–21.
- 2 **Vasilev, K. A.** Transportnye mashiny i gruzopodemnoe oborudovanie obogatitel'nykh fabrik : uchebnoe posobie / K. A. Vasilev, A. K. Nikolaev, K. G. Sazonov. – SPb. : Nauka, 2006. – 359 p.
- 3 **Kolga, A. D.** Povyshenie effektivnosti raboty lentochnykh konveierov / A. D. Kolga, M. I. Polyakova // Kompleksnoe osvoenie mestorozhdenii poleznykh iskopaemykh: mezhvuz. sb. nauchn. tr. – Magnitogorsk : Izd-vo Magnitogorsk. gos. tekhn. un-ta im. G.I. Nosova, 2012. – P. 156–161.
- 4 **Kaung Pyae Aung.** Development of a mathematical model of belt conveyor with twin-engine drive / Pyae Aung, Kaung, V. V. Dmitrieva, L. D. Pevzner. // International Academic Conference on Engineering, Technology and Innovations (IACETI2016), Beijing, China. – ISBN: 978-93-86291-05-9. – P. 5–8.
- 5 **Qing Lu.** Research and Design of Monitoring System for Belt Conveyor / Qing Lu, Xiaohui Wang, Liyun Zhuang // 2012 International Conference on 101 Computer Science & Service System (CSSS). – Nanjing, China, 2012. – DOI: 10.1109/CSSS.2012.485. – P. 1943–1945.
- 6 **Kozhubaev, Y. N.** Fuzzy control system for belt conveyor / Y. N. Kozhubaev, I. M. Semenov // Results of Joint Research Activity of Scientists from Saint-Petersburg State Polytechnical University and Leibniz University of Hannover Proceeding of Symposium on. Automated Systems and Technologies. – Hannover : Leibniz University of Hannover, 2014. – P. 111–114
- 7 **Galkin, V. I.** Metody rascheta i otsenka pokazatelei nadezhnosti lentochnykh konveierov gornyx predpriyatii : dissertatsiya. doktora tekhnicheskikh nauk : 05.05.06. [Tekst]. – Moscow, 2000. – 421 p.
- 8 **Karepov, V. A.** Nadezhnost gornyx mashin i oborudovaniya : uchebnoye posobiye / V. A. Karepov. E. V. Bezverkhaya. V. T. Chesnokov. – Krasnoyarsk : Sib. feder. un-t, 2012. – 134 P.
- 9 **Kiselev, B. R.** Lentochnyi konveier. Raschet i proektirovanie osnovnykh uzlov : uchebnoe posobie / B. R. Kiselev, M. Yu. Kolobov. – Ivanovo : Ivan. gos. khim.-tekhnol. un-t, 2019. – 179 P.
- 10 **Kozhushko, G. G.** Raschet i proektirovanie lentochnykh konveierov : uchebno-metodicheskoe posobie / G. G. Kozhushko, O. A. Lukashuk. – Ekaterinburg : Izd-vo Ural. un-ta, 2016. – 232 p.
- 11 **Kozhubaev, Yu. N.** Modelirovanie potочно-transportnoi sistemy lentochnykh konveierov / Yu. N. Kozhubaev, O. V. Prokofev, V. I. Filimonov // Nauchno-tekhnicheskie vedomosti SPbGPU, Ser.: Nauka i obrazovanie. – 2010. – № 3(106). – P. 73–78.

Материал поступил в редакцию 24.11.2022.

*A. Zh. Taskarina¹, *R. A. Tyulyubayev², Kh. B. Temirtas³*

^{1,2,3}Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, g. Pavlodar.

Material received on 24.11.2022.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ОПОРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ

В данной статье рассматривается возможность замены роlikоопор ленточного конвейера на опоры скольжения. Опоры скольжения представляют собой опорное основание для ленты футерованное низкофрикционным материалом. У опор скольжения отсутствуют вращающиеся элементы, подшипниковые узлы, системы смазки, они практически не требуют затрат на их обслуживание. Простота и компактность конструкции опор скольжения, существенное снижение при их использовании удельных нагрузок на ленту от загружаемого материала вследствие увеличения для нее опорной поверхности, продолжительный срок службы обеспечивают этим опорам высокие эксплуатационные качества и надежность.

Представлены возможные схемы размещения опор скольжения на ленточных конвейерах, а также конструкция и структурные схемы взаимодействия элементов роlikоопоры и опоры скольжения. Проведен расчет показателей надежности опор скольжения.

Приведенные результаты исследований показывают, что единичные показатели качества опоры скольжения, обусловленные основными показателями их надежности, втрое превышают аналогичные показатели качества роlikоопор.

Повышение ресурса конструктивных элементов ленточного конвейера таких как, конвейерные ленты, их стыковые соединения, устройства для улавливания оборвавшейся конвейерной ленты, опорные устройства для ленты в узлах загрузки конвейера может быть обеспечено за счет разработанных в процессе выполнения настоящей работы новых технических решений, таких как опоры скольжения роlikоопор в узлах загрузки и на холостой ветви конвейера.

Ключевые слова: опорный элемент, опора скольжения, лента, конвейер, надежность.

*A. Zh. Taskarina¹, *R. A. Tyulyubayev², Kh. B. Temirtas³*

^{1,2,3}Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Material received on 24.12.22.

IMPROVING THE RELIABILITY OF SUPPORT ELEMENTS FOR A BELT CONVEYOR

This article discusses the possibility of replacing the roller supports of the conveyor belt with sliding supports. Sliding supports are substructures for the tape lined with low-friction material. Sliding supports have no rotating elements, bearing assemblies, lubrication systems, they practically do not require maintenance costs. The simplicity and compactness of the design of sliding supports, a significant reduction in their use of specific loads on the belt from the loaded material due to an increase in the support surface for it, a long service life provide these supports with high operational qualities and reliability.

Possible schemes of placement of sliding supports on belt conveyors are presented, as well as the design and structural schemes of interaction between the elements of the roller support and the sliding support. The calculation of the reliability indicators of the sliding support is carried out.

The above research results show that single indicators of the quality of the sliding support, due to the main indicators of their reliability, are three times higher than similar indicators of the quality of roller supports.

Increasing the life of the structural elements of the conveyor belt, such as conveyor belts, their butt joints, devices for catching a broken conveyor belt, support devices for the belt in the loading nodes of the conveyor can be provided due to new technical solutions developed in the course of this work, such as roller supports in the loading nodes and on the idle branch of the conveyor.

Keywords: support element, sliding support, belt, conveyor, reliability.

*А. А. Барзов¹¹Московский государственный университет, имени М. В. Ломоносова, Российская Федерация, г. Москва**ВЕРОЯТНОСТНАЯ МОДЕЛЬ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИМУЛЬТАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Предложена модель предиктивной оценки экономической эффективности технологических систем, в структуре которых используются дополнительные физические элементы, направленные на повышение их функционального качества. Сформулирована целевая функция, позволяющая проводить процедуру структурной оптимизации симультанных технологических систем по критерию минимума их стоимости. Приведен пример реализации предложенной вероятностной модели оценки и оптимизации структурно-сложных физико-технологических систем. Намечены перспективы развития предлагаемого подхода.

Феноменологическая общность и ситуационная гибкость предлагаемого подхода позволяет результативно его использовать при построении более адекватных моделей при технико-экономическом анализе других, не связанных с симультанными технологическими системами, процессов и структур. Поэтому данное обстоятельство имеет определенное прикладное значение для принятия экономически обоснованных решений производственного характера, а также в самых различных областях знаний, в том числе не физико-технологического характера.

Реализация предлагаемого структурно-вероятностного подхода к предиктивной оценке технико-экономической значимости различных дополнительных инноваций, в частности в виде симультанных технологических систем позволила формализовать соответствующую функцию и на конкретном примере дать иллюстрацию алгоритма поиска оптимальных соотношений между элементами рассматриваемой структуры по критерию: цена-качество ее элементов.

Ключевые слова: вероятностная модель, эффективность, симультанизм, технологические системы, воздействие, структурно-вероятностный подход.

Введение

Использование симультанно*-дополнительных (симультанизм [фр. simultannismesimal]) физико-технических воздействий на процессы структурно- и формообразования деталей является важным резервом повышения на функцию качества. Примеры таких воздействий хорошо известны и широко применяются на практике; нагрев срезаемого слоя и т.д. Кроме того, все больше развитие получает совмещение технологических операций, в частности при многоинструментальной

обработке [1–6]. Поэтому оценка экономической эффективности базового элемента технологического процесса с симультанно-дополнительным элементом призванным обеспечить повышение в одно и тоже время результативности функционирования такой структуры представляет собой актуальную задачу по аргументированному обоснованию возможности рационального применения различных физико-технических инноваций.

Материалы и методы

Большое число факторов влияния на технико-экономическую эффективность симультанных систем, а также трудноформализуемый характер взаимодействия их структурных элементов предопределяет использование на данном этапе построения и анализа соответствующей модели структурно-вероятностного подхода [7–9]. Этот подход, используя вполне реалистичную феноменологию взаимодействия слагаемых элементов симультанных технологических систем (СТС), позволяет представить функционально-обобщенный результат их комплементарного воздействия на анализируемый объект в виде наглядной структурной схемы, вариант которой представлен на рисунке 1.

Отличительной особенностью данного расположения элементов при экономическом анализе СТС является наличие элемента (P_o), обусловленного необходимостью экспертного или иного обоснования использования дополнительного воздействия (P_d) на функциональность основного или доминантного технологического элемента (P_o). Кроме того, общий контроль за качеством функционирования всей СТС можно осуществлять с использованием контрольного блока, функциональная надежность которого определяется вероятностью P_k . Причем вероятностно-функциональные значения: P_o , P_d и P_k и по-сути представляет собой отношения реальных, статистически обоснованных значений соответствующих параметров анализируемой СТС к их неким максимально достижимым и/или номинально-абсолютным характеристикам. Заметим, что в случае невозможности достоверного определения данных вероятностных параметров СТС производится их экспертное оценивание по стандартным методикам, адаптированным к условиям решаемой задачи [10].

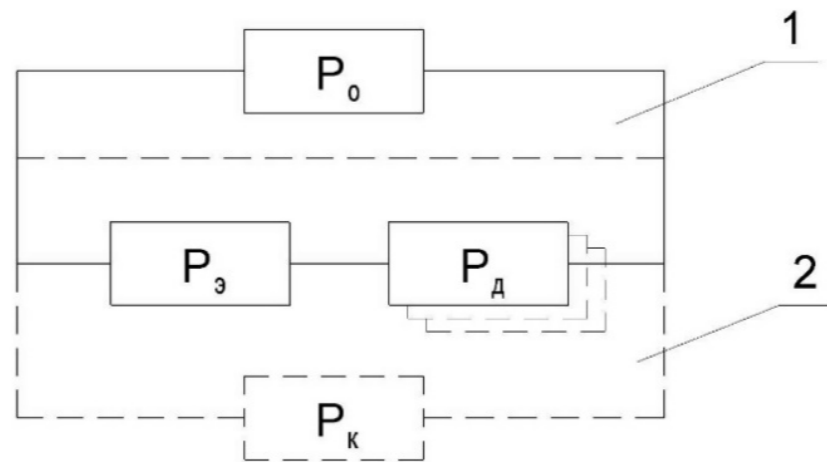


Рисунок 1 – Структурная схема функционально-вероятностного взаимодействия основного (Р₀) и дополнительного (Р_Д) видов физико-технологического симультанного воздействия на объект анализа (ОА).

1 – блок основного физико-технологического воздействия;

2 – блок симультанного дополнительного воздействия с учетом его вероятностной эффективности (Р_Э) и возможного контроля функциональной надежности (Р_К) всей системы взаимодействия.

Необходимо подчеркнуть, что для рассматриваемой СТС наличие дополнительного квазиизбыточного структурного элемента, например блока экспертного оценивания P_3 и обоснования применяемого варианта $P_Д$ является необходимым условием функционального симультанизма системы. Причем выбранное на этой основе его конкретное воплощение в виде определенного конструкторско-технологического решения (КТР) представляет собой – достаточное условие для возможной практической реализации потенциала результативности дополнительного воздействия $P_Д$. В соответствии с этим, используя известные положения прикладной теории надежности [1] итоговую вероятностную эффективность функционирования СТС, представленную на рисунок 1, можно представить как:

$$P_{И} = P_0 + P_3 \cdot P_Д - P_0 \cdot P_3 \cdot P_Д \quad (1)$$

где $P_{И}$ – фактическая вероятностно-итоговая оценка эффективности функционирования всех элементов рассматриваемой СТС;

P_0, P_3 и $P_Д$ – соответственно вероятностные характеристики достаточно надежного выполнения своих функций рассматриваемых элементов СТС, представленных на рисунке 1.

Переходя непосредственно к экономическому анализу СТС сделал вполне реалистичное предположение, которое состоит в следующем. Пусть, для определенности, возможные материально-экономические потери при

функциональном отказе рассматриваемой СТС будут прямопропорциональны вероятности наступления этого события. Тогда в исходном приближении вероятностная оценка общей затратности процесса эксплуатации такой системы будет определяться зависимостью вида:

$$C_{об} = (1 - P_{И})C_{П} + \sum_{i=1}^3 C(P_i) \quad (2)$$

где $C_{об}$ – общие, суммарно-возможные потери в случае отказа СТС;

$C(P_i)$ – соответственно затраты на формирование и реализацию процессов функционирования определенных элементов структуры рассматриваемой технической системы;

$i = 0, Э$ и $Д$; $C_{П}$ – квазипостоянный коэффициент, характеризующий экономические потери в случае отказа СТС;

$P_{И}$ – определяется из соотношения (1).

Заметим, что в (2) выражение $(1 - P_{И})$ с вероятностных позиций [2] фактически определяет экономический риск при отказе всей СТС, и, как следствие, является основным предметом технико-стоимостного анализа. Причем (1), по-сути является экономической моделью ожидаемой затратности функционирования СТС, а минимизация $C_{об}$ позволяет обосновать наиболее эффективное КТР по критерию его стоимости.

Для дальнейшего анализа модели с учетом (1) необходима конкретизация соотношений типа $C(P_i)$, которую можно осуществить, например, полагая справедливыми зависимости вида:

$$C(P_i) = C_i P_i^{k_i}; \quad i = 0, Э, Д \quad (3)$$

где C_i и k_i – коэффициенты, характеризующие затратность достижения определенного уровня вероятностной функциональной надежности P_i анализируемого элемента СТС.

Таким образом, с учётом вполне адекватной конкретизации $C(P_i)$ в виде (3) базовую экономическую модель затратности СТС типа (2) следует рассматривать как целевую функцию, которая позволяет осуществить поиск оптимального (min) значения $C_{об}$ по соответствующему варьируемому параметру, характеризующему анализируемое КТР.

Необходимо подчеркнуть, что предложенная экономическая модель СТС имеет две отличительные черты:

– вероятностно-экономическое представление риска материальных потерь в случае возможного отказа анализируемой системы, как основы для оценки затратности её функционирования;

- наличие вероятностного взаимодействия между необходимыми и достаточными условиями для осуществления процессов функционирования дополнительных структурных элементов в СТС.

Несмотря на функциональную простоту модели типа (2) её достаточная интерпретационная гибкость при конкретном применении позволяет получить обоснованно-наглядные результаты, необходимые для принятия соответствующих, экономически обоснованных управленческих решений. Причем незначительная модернизация экономической модели СТС в виде (1) даст возможность предиктивной оценки надежности аналогичных или структурно более сложных СТС.

Проиллюстрируем вышеизложенное наглядным примером поиска экономически оптимального значения функциональной эффективности СТС путем использования базовой вероятно-стоимостной модели (2). Для определенности рассуждений воспользуемся модифицированным для нашего случая известным принципом равных влияний, т.е. положим, что:

$$P = P_o = P_3 = P_d \quad (4)$$

$$k = k_o = k_3 = k_d \quad (5)$$

где P – вероятностная эффективность функционирования рассматриваемого элемента СТС;

k – как и ранее, соответствующий коэффициент, характеризующий нелинейность соотношений типа (3).

Фактически (4) и (5) означает равенство функционально-вероятностной эффективности всех структурных элементов анализируемой СТС, представленной на рис.1 с позиций их экономичности. Тогда исходное вероятно-стоимостное соотношение (2) с учётом (4) и (5) примет вид:

$$C_{об} = (1 - P_{и})C_{п} + C_c \cdot P^k \quad (6)$$

где $C_c = C_o + C_3 + C_d \quad (7)$

Последнее соотношение определяет суммарные затраты C_c на обеспечение вероятностной эффективности в её стоимостном выражении при -ом уровне надежного функционирования любого структурного элемента анализируемой СТС. Найдем экстремум (min) по параметру P целевой функции (6) с учётом (7) и вышеизложенных допущений и получим:

$$\frac{dC_{об}}{dP} = (1 - 2P + 3P^2)C_{п} + kC_c P^{k-1} = 0 \rightarrow P_{opt} \quad (8)$$

Из последнего соотношения при известных значениях $C_{п}, C_c$ и k однозначно определяется уровень экономически оптимальной вероятностной эффективности P_{opt} структурных элементов анализируемой СТС. Это значение P_{opt} при прочих равных условиях обеспечивает наименее затратную возможность функционирования СТС с учетом стоимости этапа экспертно-аналитического обоснования рационального

варианта КТР по конкретному воплощению дополнительного симультанного элемента в её структуре. Причем численные значения параметров модели (2) и её упрочненной модификации (6) можно получить из анализа имеющихся статистических данных экономического характера и/или экспертно-аналитическим путем. В дальнейшем будет весьма полезным провести верификацию численных значений параметров, входящих в данную модель путем подробного анализа функционирующих СТС в действующем производстве.

Результаты и обсуждение

Практически значимым следствием анализа предложенной модели (2) и варианта её расчетной модификации (6) является реалистичность определения границы экономически эффективного применения симультанно-дополнительных физико-технических воздействий (ФТВ) на исходную технологическую систему. Для этого необходимо соотнести ожидаемые затраты, рассчитанные по модели (2) с симультанным использованием и без применения дополнительных ФТВ.

Схематично вышеизложенное в графическом виде представлено на рисунок 2, который наглядно иллюстрирует не только возможность минимизации затрат на функционирование СТС, но и позволяет определить саму необходимость симультанного применения дополнительных элементов. Причем эта необходимость обосновывается оцениванием по критерию её экономически-функциональной целесообразности. Поэтому данные модели и зависимости, после численной верификации путем анализа конкретных аналогов, следует использовать в качестве информационно-методической поддержки процедуры принятия соответствующих управленческих решений в действующем или проектируемом производстве.

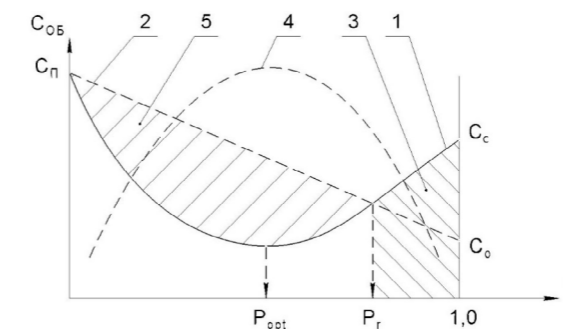


Рисунок 2 – Графическая иллюстрация вероятной затратности физико-технического воздействия (ФТВ) с учетом стоимости обоснования и реализации симультанно-дополнительного фактора влияния

- 1 – характер изменения стоимости ФТВ (основного и симультанно-дополнительного);
- 2 – стоимость основного ФТВ, как функции от его вероятностной эффективности реализации P ;
- 3 – зона экономически не рационального использования дополнительного ФТВ;

4 – изменение ожидаемой симультанной результативности основного и дополнительного ФТВ в виде отношения: $P_{и} / C_{об}$;

5 – зона, характеризующая экономическую эффективность применения дополнительного ФТВ.

Таким образом, представленные на рисунок 2 зависимости наглядно показывают зону экономически целесообразного применения симультанно-дополнительных функциональных элементов, причём эта зона будет расширяться по мере возрастания относительной стоимости базовых технологий с исходной эффективностью P_0 . Кроме того, общие затраты на реализацию симультанного комплекса конструкторско-технологической поддержки могут быть достаточно эффективно минимизированы путём применения соответствующих ФТВ с определенным уровнем соотносительности: цена – качество.

Выводы

Феноменологическая общность и ситуационная гибкость предлагаемого подхода позволяет результативно его использовать при построении более адекватных моделей при технико-экономическом анализе других, не связанных с СТС, процессов и структур. Поэтому данное обстоятельство имеет определенное прикладное значение для принятия экономически обоснованных решений производственного характера, а также в самых различных областях знаний, в том числе не физико-технологического характера.

Реализация предлагаемого структурно-вероятностного подхода к предиктивной оценке технико-экономической значимости различных дополнительных инноваций, в частности в виде СТС позволила формализовать соответствующую функцию и на конкретном примере дать иллюстрацию алгоритма поиска оптимальных соотношений между элементами рассматриваемой структуры по критерию: цена-качество ее элементов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 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.

2 Серегин, А. А., Кравцов, А. Г. Прогноз качества изготавливаемых деталей передач на основе вероятностной модели функционирования технологических систем // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Машиностроение. – 2020. – Т. 20. – № 2. – С. 60–69. – DOI 10.14529/engin200206.

3 Барзов, А. А., Пузаков, В. С. Вероятностная модель предиктивной оценки экономической эффективности экспертизы проектов и инноваций // Наука и техника Казахстана. – 2021. – № 4. – С. 9–21.

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

5 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.

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

7 Половко, А. М., Гуров, С. В. Основы теории надежности. – 2-е изд., переработано – СПб.: БХВ – Петербург, 2006. – 704 с.

8 Пугачев, В. С. Теория вероятностей и математическая статистика – М. : Физматлит, 2002. – 496 с.

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

10 Барзов, А. А., Беккиев, А. Ю., Бочкарев, С. В., Сысоев, П. Н. Диагностика и прогнозирование качества инноваций (на примере ультраструйных гидрофизических технологий): учебное пособие – Старый Оскол : ТНТ, 2019. – 328 с.

REFERENCES

1 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. – № 2 (53). – P. 14–18.

2 Seregin, A. A., Kravtsov, A. G. Prognoz kachestva izgotavlivayemykh detaley peredach na osnove veroyatnostnoy modeli funktsionirovaniya tekhnologicheskikh system [Forecast of the quality of manufactured transmission parts based on a probabilistic model for the functioning of technological systems]. Bulletin of the South Ural State University. Series: Engineering. – 2020. – T. 20. – № 2. – P. 60–69. – DOI 10.14529/engin200206.

3 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. – № 4 – P. 9–21.

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

5 Barzov, A. A., Denchik, A. I., Tkachuk, A. A. Simulation of the probabilistic process of forming the Executive size // the Science and technology of Kazakhstan, 2020. – No. 1. – P. 39–47.

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

7 **Polovko, A. M., Gurov, S. V.** Osnovy teorii nadezhnosti [Fundamentals of the theory of reliability]. – 2nd ed., revised – St. Petersburg: BHV - Petersburg, 2006. – 704 p.

8 **Pugachev, V. S.** Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika [Probability theory and mathematical statistics] – Moscow: Fizmatlit, 2002. – 496 p.

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

10 **Barzov, A. A., Bekkiev, A. Yu., Bochkarev, S. V., Sysoev, P. N.** Diagnostika i prognozirovaniye kachestva innovatsiy (na primere ul'trastruynykh gidrofizicheskikh tekhnologiy) [Diagnostics and forecasting of the quality of innovations (on the example of ultra-jet hydrophysical technologies)]: textbook – Stary Oskol : TNT, 2019. – 328 p.

Материал поступил в редакцию 12.12.2022

***А. А. Барзов**¹

¹М. В. Ломоносов атындағы Мәскеу мемлекеттік университеті, Ресей Федерациясы, Мәскеу қ.

Материал баспаға түсті 24.11.12.

СИМУЛЬТАНДЫ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІҢ ТЕХНИКАЛЫҚ-ЭКОНОМИКАЛЫҚ ТИІМДІЛІГІНІҢ ҰҚТИМАЛДЫҚ МОДЕЛІ

Технологиялық жүйелердің экономикалық тиімділігін болжамды бағалау моделі ұсынылған, олардың құрылымында олардың функционалдық сапасын арттыруға бағытталған қосымша физикалық элементтер қолданылады. Симульт технологиялық жүйелерді олардың ең төменгі құны критерийі бойынша құрылымдық оңтайландыру процедурасын жүргізуге мүмкіндік беретін мақсатты функция тұжырымдалған. Құрылымдық-күрделі физика-технологиялық жүйелерді бағалау мен оңтайландырудың ұсынылған ұқтималдық моделін іске асырудың мысалы келтірілген. Ұсынылған тәсілді дамыту перспективалары белгіленген.

Ұсынылған тәсілдің феноменологиялық ортақтығы мен ситуациялық икемділігі оны симуляциялық технологиялық жүйелермен, процестермен және құрылымдармен байланысты емес басқа техникалық-экономикалық талдауларда неғұрлым барабар модельдерді құруда тиімді пайдалануға мүмкіндік береді. Сондықтан, бұл жағдай өндірістік сипаттағы экономикалық негізделген шешімдерді қабылдау үшін, сондай-ақ білімнің әртүрлі салаларында, соның ішінде физика-технологиялық емес сипатта белгілі бір қолданбалы мәнге ие.

Әр түрлі қосымша инновациялардың техникалық-экономикалық маңыздылығын болжамды бағалауға ұсынылған құрылымдық-ұқтималдық тәсілді, атап айтқанда симуляциялық технологиялық жүйелер түрінде жүзеге асыру тиімді функцияны ресімдеуге мүмкіндік берді және нақты

мысалда қарастырылып отырған құрылым элементтері арасындағы оңтайлы қатынастарды іздеу алгоритмін критерий бойынша суреттеуге мүмкіндік берді: баға-оның элементтерінің сапасы.

Кілтті сөздер: ұқтималдық моделі, тиімділік, симулянтанизм, технологиялық жүйелер, әсер ету, құрылымдық-ұқтималдық тәсіл.

***А. А. Барзов**¹

¹Lomonosov Moscow State University, Russian Federation, Moscow.

Material received on 24.11.22.

PROBABILISTIC MODEL OF TECHNICAL AND ECONOMIC EFFICIENCY OF SIMULTANEOUS TECHNOLOGICAL SYSTEMS

A model of predictive evaluation of the economic efficiency of technological systems is proposed, in the structure of which additional physical elements are used, aimed at improving their functional quality. The objective function is formulated, which allows to carry out the procedure of structural optimization of simultaneous technological systems according to the criterion of their minimum cost. An example of the implementation of the proposed probabilistic model of evaluation and optimization of structurally complex physical and technological systems is given. The prospects for the development of the proposed approach are outlined.

The phenomenological generality and situational flexibility of the proposed approach allows it to be effectively used in the construction of more adequate models in the technical and economic analysis of other processes and structures that are not related to simultaneous technological systems. Therefore, this circumstance has a certain applied significance for making economically sound decisions of an industrial nature, as well as in a wide variety of fields of knowledge, including those of a non-physical and technological nature.

The implementation of the proposed structural-probabilistic approach to predictive assessment of the technical and economic significance of various additional innovations, in particular in the form of simultaneous technological systems, made it possible to formalize the corresponding function and, using a concrete example, to illustrate the algorithm for finding optimal ratios between the elements of the structure under consideration according to the criterion: price-quality of its elements.

Keywords: probabilistic model, efficiency, simultaneity, technological systems, impact, structural-probabilistic approach.

Zh. K. Mussina¹, *R. B. Kussainov², L. R. Mussina³^{1,2,3}Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar**IMPROVING THE PROCESS OF PROCESSING HOLES WITH DRILLS**

One of the urgent problems of mechanical engineering is the processing of holes, which are subject to high requirements for the accuracy of size, shape and location. Most often, hole processing is carried out with the help of rod measuring tools. This is due to their following advantages: relatively high productivity, low costs for pre-production. The quality of the machined holes is determined mainly by the accuracy of the cutting tools, machines and accessories used.

The drilling process with existing drills takes place under severe cutting conditions. The magnitude of the front angle on the transverse edge is very unfavorable. For standard spiral drills, the front angle γ on the transverse edge is up to minus 57–60. In view of this, on the transverse edge, instead of cutting, there is a crumpling, squeezing and scraping of metal.

When drilling holes with existing drills, the transverse edge of the drill perceives up to 80 % of the axial force, i.e. the resistance to axial feed is created by the contact area of the transverse edge with the workpiece.

The specified working conditions of the transverse edge significantly worsen the processing conditions and the quality of the treated hole. To eliminate the transverse edge, a new design of a spiral drill is proposed – a two-vertex spiral drill without a transverse edge, preliminary patent of the Republic of Kazakhstan № 19559. The elimination of the transverse edge on the drill allows you to dramatically reduce the heating and wear of the drill during the cutting process, increase the durability of the drills.

The analysis of the results shows that the accuracy of the diametrical dimensions of the holes after processing with two-vertex spiral drills increased by 1, 2 quality compared with spiral drills; roughness decreased by 1, 2 classes.

Keywords: spiral drill, jumper, sharpening, durability, accuracy, productivity

Introduction

Hole processing can be performed in various ways. But most often it is performed with the help of measuring tools, since this method has high productivity, low requirements for the accuracy of machine tools – the accuracy of the machined holes mainly depends on the accuracy of the machine, the tool and the equipment used, and there is no need for highly qualified workers [1–5].

The most common method of obtaining holes in a solid material is drilling, holes are obtained with low accuracy. More accurate holes are obtained when processing with countersinks and reamers. In this case, the accuracy of the holes is ensured by better

centering of the tool, increased accuracy and rigidity of the tool and easier working conditions of each blade.

Comparison of working conditions of tools during drilling, countersinking and deployment:

- drilling, number of teeth $z=2$, quality H11...H13, roughness Ra 10...20 μ ;
- countersinking, number of teeth $z=3-6$, quality H9...H11, roughness Ra 2,5...10 μ ;
- deployment, number of teeth $z=4-12$, quality H6...H9, roughness Ra 1.25...2.5 μ .

When drilling holes, the following main types of defects occur: rough surface of the drilled hole; the diameter of the drilled hole exceeds the specified one; displacement of the axis of the hole; misalignment of the axis of the hole [6–9].

The cutting edges of the drill must be straight, of the same length and must be positioned at equal angles to the drill axis. If these conditions are not met, the drill leads away during operation, and the hole drilled by it turns out to be larger than the diameter of the drill. In addition, the removal process is influenced by the anisotropy of the properties of the processed material, the beating of the cutting edges.

The bridge (transverse edge) accounts for up to 60 % of the axial force and up to 15 % of the torque. The length of the transverse edge is equal to the diameter of the core. The transverse edge of the spiral drill, instead of the cutting process, performs scraping, crumpling and squeezing, the front angle is $\gamma \leq -57^\circ$. All this worsens the working conditions of the drill.

The performance of the drill is negatively affected by the stressful working conditions of the peripheral (external) part of the cutting edges, which leads to increased wear. To improve the cutting conditions, increase the productivity and durability of drills, several forms of sharpening are recommended, depending on the material being processed, which allow to some extent to reduce the design disadvantages of spiral drills noted above. Sharpening is performed on the back surface [4, 10].

Materials and methods

Recommended forms of sharpening drills, depending on their diameter and the material being processed: normal (N), normal with sharpening of the transverse edge or jumper (NP), normal with sharpening of the transverse edge or jumper and ribbon (NPL), double with sharpening of the transverse edge or jumper (DP), double with sharpening of the transverse edge or jumper and ribbons (DPL).

Sharpening the transverse edge and ribbons of drills in known ways does not solve the problem. Therefore, this issue is open for further solutions with the development of new designs of cutting tools.

In order to eliminate the disadvantages of hole processing with standard drills, a number of drill designs have been developed and designed. The design of the new drills is aimed at improving the processing accuracy (size accuracy, surface roughness), durability, as well as cutting conditions [4, 9, 10].

To reduce the axial force during drilling, the transverse edge is cut through with a special double sharpening, but it remains on the drill in a modified form, with smaller front angles (a front angle $\gamma = 0$ is created on each of the two halves of the transverse edge). Such drills have proven themselves well in the processing of cast iron. An increase

in the durability of the drill is achieved by using sharpeners for Klemm, Menzel, Dreez, Feldstein, Glushchenko, which provide for sharpening the transverse edge to 0.1 – 0.2 mm.

To reduce uneven loading on the working part, drills with curved cutting edges are used, which can have either a radius profile or a radius profile associated with a rectilinear section. Due to the complexity of sharpening such drills, the curved edge is sometimes replaced by a broken one, consisting of two sections with an angle at the apex of 116–120 °, and an additional cutting edge at the periphery at an angle, in a section 0.2 of the drill diameter.

To facilitate chip removal, reduce heat generation in the cutting area and increase the durability of the drill on its front or back surface, chip-separating grooves are made. The execution of chip-separating grooves on the front surface is more labor-intensive, however, in this case, their periodic restoration is not required during the operation of the drill [4, 11, 12].

For drills equipped with a hard alloy, designs with a special sharpening were developed: a non-standard drill of the KMG design, a drill of the N.A. Shevchenko design, a drill of the N.K. Klebanov design. Thus, their experimental studies have shown, from the point of view of productivity, reduction of axial force on the transverse edge and wear of the drill, the best results are provided by continuous drills with a radial arrangement of the main cutting edges along their entire length or on part of the length of the edges adjacent to the center of the drill.

However, on these drills, the transverse edge is not eliminated, but remains in a slightly modified form. The forces acting on the transverse edge are not fully eliminated, the front angle on the transverse edge decreases, but still remains negative. The specified working conditions of the transverse edge significantly worsen the processing conditions and the quality of the treated hole. To exclude a transverse edge, a new design of a spiral drill is proposed – a two-vertex spiral drill without a transverse edge, preliminary patent of the Republic of Kazakhstan No. 19559 [13]. The elimination of the transverse edge on the drill allows you to dramatically reduce the heating and wear of the drill during the cutting process, increase the durability of the drills.

Results and discussions

A two-vertex spiral drill without a transverse edge has design features (elements) that coincide with the features of an analog: a shank, a neck, two spiral grooves for chip removal, working (calibration and cutting) parts, the diameter of the core, a ribbon on the calibration part – and the signs that distinguish it from its analogue: a cut of the drill tip made on a half-diameter section in the axial part with an angle (the vertex of which is directed to the shank) equal to the angle at the top (the well-known angle range at the top of the drill is 30–150 °) with the formation of two vertices and two external (on the periphery of the drill) and two internal (on the section of the vertex cut) of the main cutting edges, separated by a groove cut between them, shifted relative to the axis of the drill so that one of its walls is located on the axis in the axial plane of the drill and cuts off the resulting internal hollow, preventing cutting.

In addition, there is a part of the opposite cutting edge that is shorter than the cutting edge reaching the groove wall and the axis; one wall of the groove is thus aligned with the longitudinal axis of the drill, i.e. located in the axial plane; both drill vertices are located on the same line perpendicular to the drill axis, at a distance of a quarter of the diameter, and in one axial plane. drill planes; the internal main cutting edges are located in the same axial plane of the drill; the specified design of the axial cutting part of the drill eliminates the transverse edge, which is inherent in all types of existing drills and is the cause of unfavorable cutting conditions.

The drill has, in addition to the calibration, one smoothing (guiding) ribbon on the back of each pen at the back of the head; the claimed drill, like all drills, has two versions for right and left cutting.

The proposed design of the cutting part creates favorable conditions for the operation of the drill under the conditions of mechanical and thermal stress: when the angle at the top is 120° for drilling steel and cast iron (the total range of angles at the top for processing different materials is 30–150°), the angle between the outer cutting edges is 120°; the angles between the outer and inner cutting edges and the end walls of the groove cutting the transverse edge are 120°, which is about twice as large as when cutting the transverse edge of a traditional drill adopted as an analogue, and creates better conditions for heat dissipation; with other values of the angle at the top, these ratios are slightly different.

Figure 1 shows the general view of the drill and its elements: angle 2ϕ – at the apex at the periphery and $2\phi'$ – the angle whose vertex is directed to the shank; 1 – the working part of the drill with screw chip grooves; ω – the angle of inclination of the spiral (screw) chip groove; 2 – neck; 3 – conical shank with Morse cone; 4 – foot; a – cut thickness; l_0 – length of the outer cutting edges with an angle of 2ϕ at the top; l_1 – length of the uncut inner cutting edge with an inverse angle of 2ϕ at the top; (S_0 – axial feed per turn of the drill) – the length of the cutting edges at the value of half of the axial feed (as with traditional drills); to prevent the removal of the drill axis and the hole due to the asymmetry of the cutting edges on the drill feathers at the chip groove, guide-smoothing ribbons are made.

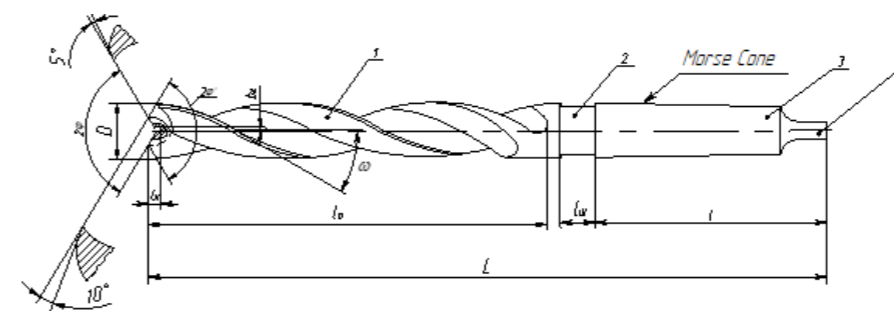


Figure 1 – A two-vertex spiral drill without a transverse edge

A spiral double-top drill without a transverse edge is much more effective than spiral drills with a transverse edge; the proposed drill has optimal favorable cutting conditions and increased drill resistance, the temperature in the cutting zone and drill wear decreases due to the alignment of cutting conditions (mechanical and thermal stresses, constancy of geometric parameters) on different sections of the cutting edges (on all sections of the cutting edges there are positive front and rear corners); as a result, an increase in cutting speed (drill resistance) and an increase in economic efficiency. The recommended dimensions of the cut groove, depending on the diameter of the drill, are shown in table 1.

Table 1 – Dimensions of the cut groove

Drill diameter, D, mm	Groove length, lk, mm	Groove width, bk, mm
up to 10	2–3	0,5–1
10–30	3–4	1–1,5
30–50	4–5	1,5–2
50–80	5–6	2–2,5

Two-vertex spiral drills without a transverse edge were manufactured at the machine-building enterprise of the city of Pavlodar «Format Mach Company» LLP (former tool factory) and tested in the educational and production workshops of the Faculty of Engineering of the NJSC «Toraigyrov University» at the Department of «Mechanical Engineering and Standardization» (Figure 2).



Figure 2 – Designs of double-ended spiral drills without a transverse edge

After processing the holes with spiral and double-vertex spiral drills, the accuracy of the diametrical size of the hole and roughness were investigated. To measure the accuracy of the hole processing, an instrumental horizontal microscope IKG 3 and

indicator nutrometers with inserts were used. A profilograph-profilometer mod. 259 was used to measure the roughness of the hole surface.

Results of production tests of samples processed with metal-cutting tools:

1) spiral drills:

– the accuracy of the diametrical dimensions of the holes is 0.21–0.33 mm (12–13 accuracy quality);

– the roughness of the surface of the holes is within $Rz=20... 80$ microns, which corresponds to grades 3 and 5 of roughness.

2) double-ended spiral drills:

– the accuracy of the diametrical dimensions of the holes is 0.11–0.13 mm (11 accuracy quality);

– the roughness of the surface of the holes is within the range of $Ra=2.5 ...10 \mu$, which corresponds to grades 4 and 6 of roughness.

Conclusions

Thus, the material located within the hole to be processed is completely cut off by the external and radially arranged internal cutting edges of the drill having standard front and rear angles; smoothing ribbons calibrate the hole and finally form its diameter and roughness; since all the cutting edges of the drill have a given normative geometry (front and rear corners), this ensures normal cutting conditions and reduces heating and axial cutting force by eliminating the transverse edge and unfavorable cutting conditions, accompanied by increased friction, heating and wear of the drill; increases the durability of the drill.

The analysis of the results shows that the accuracy of the diametrical dimensions of the holes after processing with two-vertex spiral drills increased by 1, 2 quality compared with spiral drills; roughness decreased by 1, 2 classes.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Каримова, А. К., Дерябин, И. П. Влияние подточки перемычки спиральных сверл на процесс обработки отверстий // VIII вузовская научно-исследовательская конференция «Молодежный научный форум», Трехгорный, 16 мая 2018 года. – Трехгорный : Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», 2018. – С. 30–34.

2 Kassenov, A. Zh., Itybayeva, G. T. Pass-through peakless saber cutter // Science and Technology of Kazakhstan. – 2022. – № 2. – P. 41–48. – DOI 10.48081/TTHK3181.

3 Бахарев, И. В., Прокофьев, В. А. Конструкция современных сверл // Сборник статей IX Международной научно-практической конференции в 2 частях, Пенза, 17 декабря 2021 года. – Пенза: Наука и Просвещение, 2021. – С. 57–60.

4 Кусаинов, Р. Б. Кәлдәнен жиексіз «Зигзаг» спиральды бұрғымен тесіктерді бұрғылау // Қазақстан ғылыми мен техникасы. – 2022. – № 2. – Б. 9–16. – DOI 10.48081/CGEL7564.

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

6 The Application of Downhole Vibration Factor in Drilling Tool Reliability Big Data Analytics – A Review / Y. Ren, N. Wang, J. Jiang et al. // ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part B: Mechanical Engineering. – 2019. – Vol. 5. – № 1. – P. 010801. – DOI 10.1115/1.4040407.

7 Metal cutting tool / V.Y. Kotelnikova, A.P. Umarova, A.A. Mikhailova, D. A. Iskakova // Science and Technology of Kazakhstan. – 2015. – № 3–4. – P. 41–44.

8 **Рагрин, Н. А., Айнабекова, А. А., Бакыт, У. С.** Повышение стойкости сверл и качества отверстий // Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. – 2020. – Т. 20. – № 4. – С. 47–50.

9 Обработка отверстий комбинированным инструментом / Н. С. Дудак, Г. Т. Итыбаева, Ж. К. Мусина, А. Ж. Касенов // Наука и техника Казахстана. – 2008. – № 2. – С. 11–19.

10 **Дерябин, И. П., Павлючук, С. И., Чернышев, С. В.** Экспериментальные исследования влияния подточки перемычки спиральных сверл на точность обработки отверстий // Наука ЮУрГУ : Материалы 67-й научной конференции, Челябинск, 14–17 апреля 2015 года. – Челябинск : Южно-Уральский государственный университет, 2015. – С. 1278–1282.

11 **Миронова, М. Н.** Оптимизация траектории перемещения инструмента при сверлении отверстий // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2021. – № 4 (73). – С. 37–44. – DOI 10.53078/20778481_2021_4_37.

12 **Смагин, Г. И., Карманов, В. С., Федин, И. В.** Использование базовой модели процесса сверления для нормирования режимов резания // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2015. – № 4 (69). – С. 6–17. – DOI 10.17212/1994-6309-2015-4-6-17.

13 **Дудак, Н. С., Мусина, Ж. К.** Предварительный патент РК №19559 от 25.03.2008г. Двухвершинное спиральное сверло без поперечной кромки с направляющими ленточками.

REFERENCES

1 **Karimova, A. K., Deryabin, I. P.** Vliyaniye podtochki peremychki spiral'nykh sverl na protsess obrabotki otverstiy [Influence of sharpening the jumper of twist drills on the process of hole processing] // VIII University Research Conference «Youth Scientific Forum», Trekhgornyy, May 16, 2018. – Trekhgornyy : National Research Nuclear University «MEPhI», 2018. – P. 30–34.

2 **Kassenov, A. Zh., Itybayeva, G. T.** Pass-through peakless saber cutter // Science and Technology of Kazakhstan. – 2022. – № 2. – P. 41–48. – DOI 10.48081/TTHK3181.

3 **Bakharev, I. V., Prokofiev, V. A.** Konstruktsiya sovremennykh sverl [The design of modern drills] // Student scientific research: collection of articles of the IX

International scientific and practical conference in 2 parts, Penza, December 17, 2021. – Penza : Science and Education, 2021. – P. 57–60.

4 **Kusainov, R. B.** Köldeneñ jïeksiz «Zigzag» spiraldı burğımen tesikterdi burğılav [Drilling holes with a horizontal edgeless «Zigzag» spiral drill] // Science and Technology of Kazakhstan. – 2022. – № 2. – P. 9–16. – DOI 10.48081/CGEL7564.

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

6 The Application of Downhole Vibration Factor in Drilling Tool Reliability Big Data Analytics - A Review / Y. Ren, N. Wang, J. Jiang et al. // ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part B: Mechanical Engineering. – 2019. – Vol. 5. – № 1. – P. 010801. – DOI 10.1115/1.4040407.

7 Metal cutting tool / V. Y. Kotelnikova, A. P. Umarova, A. A. Mikhailova, D. A. Iskakova // Science and Technology of Kazakhstan. – 2015. – № 3–4. – pp. 41–44.

8 **Ragrın, N. A., Ainabekova, A. A., Bakyt, U. S.** Increasing the durability of drills and the quality of holes // Bulletin of the Kyrgyz-Russian Slavic University. – 2020. – Т. 20. – №. 4. – P. 47–50.

9 Hole processing with a combined tool / N. S. Dudak, G. T. Itybaeva, Zh. K. Musina, A. Zh. Kasenov // Science and technology of Kazakhstan. – 2008. – №. 2. – P. 11–19.

10 **Deryabin, I. P., Pavlyuchuk, S. I., Chernyshev, S. V.** Experimental studies of the influence of the underpoint of the jumper of twist drills on the accuracy of hole processing // Nauka SUSU: Proceedings of the 67th scientific conference, Chelyabinsk, April 14–17, 2015. – Chelyabinsk: South Ural State University, 2015. – P. 1278–1282.

11 **Mironova, M. N.** Optimization of the tool trajectory when drilling holes // Bulletin of the Belarusian-Russian University. – 2021. – № 4 (73). – P. 37–44. – DOI 10.53078/20778481_2021_4_37.

12 **Smagin, G. I., Karmanov, V. S., Fedin, I. V.** The use of the basic model of the drilling process for the normalization of cutting modes // Processing of metals (technology, equipment, tools). – 2015. – № 4 (69). – P. 6–17. – DOI 10.17212/1994-6309-2015-4-6-17.

13 **Dudak, N. S., Musina, Zh. K.** Provisional patent of the Republic of Kazakhstan No. 19559 dated March 25, 2008. Double point twist drill without transverse edge with guide strips.

Material received on 24.11.22.

*Ж. К. Мусина¹, *Р. Б. Құсайынов², Л. Р. Мусина³*^{1,2,3}Торайғыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар
Материал поступил в редакцию 21.11.22.**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА
ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ СВЁРЛАМИ**

Одной из актуальной проблем машиностроения является обработка отверстий, к которым предъявляются высокие требования по точности размера, формы и расположения. Чаще всего обработка отверстий осуществляется с помощью стержневых мерных инструментов. Это объясняется их следующими достоинствами: относительно высокой производительностью, низкими затратами на подготовку производства. Точность обработанных отверстий определяется в основном точностью применяемого режущего инструмента, станков и оснастки.

Процесс сверления существующими свёрлами протекает в тяжелых условиях резания. Очень неблагоприятной является величина переднего угла на поперечной кромке. У стандартных спиральных свёрл передний угол γ на поперечной кромке составляет значение до минус $57^\circ - 60^\circ$. Ввиду этого на поперечной кромке вместо резания имеет место смятие, выдавливание и скобление металла.

При сверлении отверстий существующими сверлами поперечная кромка сверла воспринимает до 80 % осевой силы, т.е. сопротивление осевой подаче создаётся областью контакта поперечной кромки с заготовкой.

Указанные условия работы поперечной кромки значительно ухудшают условия обработки и качество обработанного отверстия. Для исключения поперечной кромки предложена новая конструкция спирального сверла – двухвершинное спиральное сверло без поперечной кромки, предварительный патент РК № 19559. Устранение поперечной кромки на сверле позволяет резко уменьшить нагревание и износ сверла в процессе резания, повысить стойкость свёрл.

Анализ результатов показывает, что точность диаметральных размеров отверстий после обработки двухвершинными спиральными свёрлами увеличилась на 1, 2 качества по сравнению со спиральными сверлами; шероховатость уменьшилась на 1, 2 класса.

Ключевые слова: спиральное сверло, переключатель, подточка, стойкость, точность, производительность.

*Ж. К. Мусина¹, *Р. Б. Құсайынов², Л. Р. Мусина³*^{1,2,3}Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.
Материал баспаға түсті 21.11.22.**БҰРҒЫЛАРМЕН ТЕСІКТЕРДІ ӨНДЕУ ПРОЦЕСІН ЖЕТІЛДІРУ**

Машина жасаудың өзекті мәселелерінің бірі-өлішемнің, пішіннің және орналасудың дәлдігіне жоғары талаптар қойылатын тесіктерді өңдеу. Көбінесе тесіктерді өңдеу өзек өлішеу құралдарының көмегімен жүзеге асырылады. Бұл олардың келесі артықшылықтарына байланысты: салыстырмалы түрде жоғары өнімділік, өндірісті дайындауға кететін шығындардың төмендігі. Өңделген тесіктердің дәлдігі негізінен қолданылатын кескіш құралдың, станоктардың және жабдықтың дәлдігімен анықталады.

Қолданыстағы бұрғылармен бұрғылау процесі ауыр кесу жағдайында жүреді. Көлденең жиектегі алдыңғы бұрыштың мөлшері өте қолайсыз. Стандартты спиральды бұрғыларда көлденең жиектегі γ алдыңғы бұрышы минус $57-60$ дейін болады. Осыған байланысты көлденең жиекте кесудің орнына металдың мыжылуы, сығылуы және қыстырылуы орын алады.

Қолданыстағы бұрғылармен тесіктерді бұрғылау кезінде бұрғылаудың көлденең жиегі осьтік күштің 80 % - на дейін қабылдайды, яғни осьтік беріліс кедергісі көлденең жиектің дайындамамен жанасу аймағымен жасалады.

Көлденең жиектің көрсетілген жұмыс жағдайлары өңдеу жағдайларын және өңделген тесіктің сапасын едәуір нашарлатады. Көлденең жиекті болдырмау үшін спиральды бұрғының жаңа конструкциясы – көлденең жиегі жоқ екі ұшты спиральды бұрғы, ҚР №19559 алдын ала патентті ұсынылды. Бұрғылаудағы көлденең жиекті жою кесу процесінде бұрғылаудың қызуы мен тозуын күрт азайтуға, бұрғылардың беріктігін арттыруға мүмкіндік береді.

Нәтижелерді талдау екі ұшты спиральды бұрғылармен өңдеуден кейін тесіктердің диаметрлік өлішемдерінің дәлдігі спиральды бұрғылармен салыстырғанда 1, 2 біліктілікке артқанын көрсетеді; кедір-бұдырлық 1, 2 сыныпқа азайды.

Кілтті сөздер: спиральды бұрғы, далдаша, қайрау, төзімділік, дәлдік, өнімділік.

FTAMP 53.39.31

<https://doi.org/10.48081/DIMQ8404>

**Д. Р. Абсолямова¹, *М. Ж. Тусіпбекова², И. Э. Дейграф³,
А. Е. Кенжебекова⁴**

^{1,2,3,4}Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

ҚҰРАМЫНДА МЫС БАР ҚАЛДЫҚТАРДЫ ЦЕМЕНТТЕУ ПРОЦЕСТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Қазіргі уақытта тау-кен байыту комбинаттарында түсті металдардың сульфидті кендерін қайта өңдеуден көптеген пириттік байыту қалдықтары жинақталған. Мыс пен басқа металдарды алу үшін оларды қайта өңдеу үлкен практикалық қызығушылық тудырады.

Мақалада құрамында мыс бар қалдықтарды цементтеу арқылы өңдеу әдісі қарастырылады. Тәжірибелерде пластиналардағы алюминий тотықсыздандырғыш ретінде пайдаланылды.

Мыс CuSO_4 ерітіндісінен 0,3 моль/л концентрациясымен цементтелген кезде алюминий бетінде компактiлi мыс қабаты кристалданатыны анықталды. Компактiлi мыстың тұндыру уақыты 5 минут.

Кристалдану кезінде пайда болатын бөлшектердің мөлшері кристалдану орталықтарының пайда болу жылдамдығының арақатынасына және олардың одан әрі өсу қарқынына байланысты. Цементтеу тұндыруына қатысты бұл ұнтақтың дисперсиясы электродогалы күшпен контактiлi гальваникалық жүптің цементтеу тогының қатынасымен анықталатынын білдіреді.

NaCl ерітіндісіндегі концентрациясының өсуімен Al-Cu контактiлi гальваникалық жүпінің ЭДК жоғарылауымен, ал цементтеу тогы төмендегендіктен, NaCl концентрациясының жоғарылауымен мыс дисперсті ұнтағы тұнбаға түсуі керек, ал тұндыру жылдамдығы төмендеуі керек.

Өйткені NaCl қатысуымен Cu^{2+} иондары шекті токқа қалпына келеді, бұл дисперсті ғана емес, сонымен қатар дендритті ұнтақты да тұндыруға жағдай жасайды. Дендритті ұнтақ еркін толтырылған кезде үлкен көлемді алады, яғни NaCl концентрациясының жоғарылауымен ұнтақтың сусымалы тығыздығы төмендеуі керек деп болжауға болады.

Кілтті сөздер: мыс, тотықсыздандырғыш, алюминий, қалдықтар, цементтеу.

Кіріспе

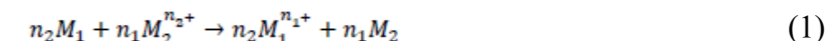
Қазіргі уақытта тау-кен байыту комбинаттарында түсті металдардың сульфидті кендерін өңдеуден кейін көптеген пириттік байыту қалдықтары жинақталған. Мыс және басқа металдарды алу мақсатында оларды қайта өңдеу техника мен

технологиялардың ағымдағы даму деңгейін ескере отырып негізгі практикалық қызығушылық тудырады.

Байытудың пирит қалдықтарын өңдеуінің экономикалық негізделген технологиясын іздеуді көптеген ғылыми институттар мен ұйымдар ұзақ уақыт бойы жүргізіп келеді [1–9].

Цементтеу мысты алудың перспективалық технологиясы болып табылады.

Бұл процесс M_1 металының M_2 электропозитивті металл иондары бар ерітіндімен жанасуымен жүреді, нәтижесінде M_1 металының тотығуы (иондануы) және M_2 металл иондарының нөлдік валенттілігіне дейін тотықсыздануы жүреді. Бұл реакцияны келесі химиялық теңдеумен сипаттауға болады

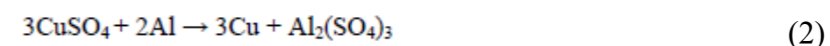


Цементтеу гидрометаллургияда кейбір металдарды алу үшін кеңінен қолданылады, мысалы, кеніш суларынан және баланстан тыс кендерінен үймелі сілтілендіруден алынған ерітінділерден мысты алу. Сонымен қатар, цементтеу гидрометаллургиялық ерітінділерді ерітінділерден металдарды электролиттік алу кезінде және металдарды электролиттік тазарту кезінде оң металдардың қоспаларынан тазарту үшін кеңінен қолданылады

Түсті металлургия үшін цементтеу процесінің маңыздылығын сандармен көрсетуге болады – әлемдік никель мен мырыш өндірісінің 80 % астамы және мыстың 10 % цементтеу процесін қолдана отырып алынады [2].

Материалдар мен әдістер

Жоғарыда келтірілген теориялық идеялардың негізінде бұл жұмыста реакция бойынша күкіртқышқыл ерітінділерінен мысты алюминиймен цементтеу қарастырылады



Алюминий мен мыстың стандартты электрохимиялық потенциалдары (E°) бір-бірінен өте ерекшеленеді. Атап айтқанда, алюминийдің $E^\circ - 0,76 \text{ В}$, мыстың $E^\circ + 0,34 \text{ В}$ тең [4]. Әрине, бұл жұмыста потенциалдарды өлшеу шарттары (ерітінділердің концентрациясы мен температурасы, сонымен қатар қысым) стандарттыдан өзгеше болды. Дегенмен, осы жұмыста қолданылатын цементтеуді өткізу жағдайында алюминий мен мыстың электрохимиялық потенциалдары арасында айтарлықтай айырмашылықты күту заңды. Сонымен қатар, CuSO_4 ерітіндісіне батырылғаннан кейін бірінші сәтте алюминий үлгісінің электрохимиялық потенциалы осы ерітіндідегі алюминий потенциалына тең болады деп күту заңды. Содан кейін, егер цементтеу арқылы алюминий бетінде мыс кристалданса, цементтеу барысында алюминий үлгісінің потенциалы оң мәндер аймағына ауысуы керек. Цементтеу нәтижесінде алюминий үлгісінің потенциалы алюминий мен мыс потенциалдары арасындағы кейбір компромисс мәнге келу керек.

Мыс ұнтағын алудың электролиттік әдісі өте қымбат болса да, дендритті ұнтақтарды алуға мүмкіндік береді, бұл металлкерамикалық өнеркәсібі үшін өте маңызды [1, 2]. Электролиттік әдіспен салыстырғанда цементтеу әдісі едәуір арзан және қарапайым әдіс, алдын-ала белгіленген қасиеттері бар ұнтақтарды – дендрит, дисперсия және т. б. тағайындауға мүмкіндік береді [3].

Күкіртқышқыл ерітінділерінен мыс ұнтағын темірмен цементтеу арқылы алу өте егжей тегжейлі зерттелген [4–9].

Сонымен қатар, дисперсті мыстың цементтік тұндыруы мысқа қатысты басқа да теріс металдарды қолдану арқылы мүмкін болып көрінеді, мысалы, алюминийді. Бірақта мыс ұнтақтарын алу тәсілі ретінде мысты алюминиймен цементтеу әлі де аз зерттелген. Бұл жұмыстың мақсаты күкіртқышқыл ерітінділерінен мысты алюминиймен цементтеу кезінде мыс ұнтағын алу процесін зерттеу болып табылады. Әдетте гидрометаллургияда металды ерітіндіден мүмкіндігінше толық алу үшін цементтеу жүргізіледі [2]. Цементтеу металдың бетінде компактiлі жабын-қабатының пайда болуы цементтеу металын ерітіндіден оқшаулайды және цементтеу реакциясы тоқтайды [1, 2]. Цементтелетін металдың бетіндегі цементтеу барасында пайда болатын цементтелетін металл қабаты цементтеу процесіне кедергі келтірмеуі үшін бұл қабат борпылдақ, дисперсті болуы керек [1, 2]. Цементтеу тұнбасы компактiлі емес, борпылдақ түрінде кристалдануына ықпал ететін әдістердің бірі – ерітіндінің температурасының жоғарылауы [1, 2]. Осыған байланысты 70 °С температурада құрамында CuSO_4 және H_2SO_4 бар ерітіндіде мысты алюминиймен цементтеу бойынша тәжірибелер жүргізілді.

Поляризациялық өлшеулер П-5827 потенциостатының көмегімен гальванодинамикалық режимінде ток беру жылдамдығы $3,4 \text{ мА/мм}^2 \cdot \text{мин}$ тең болған жағдайда жүргізілді. Жұмыс электродтарының потенциалдары күмісхлорлы электродына қатысты өлшенді, содан кейін потенциалдардың стандартты сутегі шкаласына қайта есептелді. Жұмыс электродтары диаметрі 2 мм эпоксидті шайырмен жабылған алюминий және мыс сымдардың ұштары болып табылады. Цементтелген мыстың алюминийдің анодтық сипаттамасына әсерін болдырмау үшін анодтық поляризация CuSO_4 ерітіндісімен бірдей концентрациядағы MgSO_4 ерітіндісінде зерттелді – контактiлі (цементтеу) гальваникалық жұптерінің анодтық процесін зерттеуге арналған мұндай әдістің заңдылығы [7] көрсетілген.

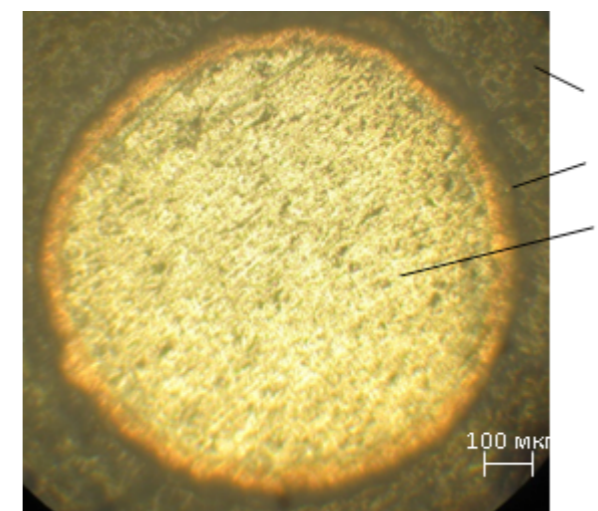
Мыс ұнтағын алу үшін көлемі 2 литр CuSO_4 ерітінділері қолданылды, цементтеу материалы ретінде беті 2 дм^2 болатын алюминий пластиналары қолданылды. Цементтеуден кейін ұнтақ жуылады және вакуумды кептіру шкафында кептіріледі. Мыс ұнтағының гранулометриялық құрамы мен сусымалы тығыздығы стандарттар бойынша анықталды [9, 10]. Бөлшектердің орташа мөлшері ұнтақты металлургиясында қабылданған әдістеме бойынша електі талдауының нәтижелері негізінде есептелді [11].

Шығарылған сутектің мөлшері көлемдік әдіспен өлшенді [12]. Тәжірибе нәтижесінде алынған сутектің өлшенген көлемі [12] көрсетілген әдіс бойынша қалыпты жағдайларға әкелді. Микроскопиялық зерттеулер МЕТАМ-РВ21

металлографиялық микроскопын қолдану арқылы жүргізілді. Суреттерді құжаттау DCM310 сандық бейнекамерасымен компьютерге суретті жазу арқылы орындалды.

Нәтижелер және талқылау

Концентрациясы $0,3 \text{ моль/л}$ CuSO_4 ерітіндісінен мысты алюминиймен цементтеу кезінде көлденең металлографиялық тілімтаста (шлифта) айқын көрінетін алюминийдің бетіндегі компактiлі мыс қабаты кристалданатыны анықталды (1-сурет).



Сурет 1– Цементтелген мыс қабаты бар алюминий сымның көлденең қимасы: 1 – алюминий сымы, 2 – компактiлі мыстың қабаты; 3 – эпоксидті шайыр

1-суретте көрсетілген компактiлі мыс қабатының тұндыру уақыты 5 мин. Эпоксидті шайырмен құйылған металл-цементатордың (алюминий сымы) көлденең қимасы бойынша оған компактiлі мыс қабаты кристалданған осындай тілімтастар жасалынды және цементтеу процесінің ұзақтығы 30 және 60 мин болды. Концентрациясы $0,3 \text{ моль/л}$ CuSO_4 ерітіндісіндегі алюминий сымның ұстау уақытының артуы компактiлі мыс қабатының қалыңдығының ұлғаюына әкелмейтіні металлографиялық түрде анықталды – қалыңдығы 1-суреттегідей қалады, яғни цементтеу процесінің ұзақтығы 5 мин. Демек, цементтеу процесінің бастапқы кезеңінде пайда болған цементтелетін металдың, атап айтқанда мыстың компактiлі қабаты алюминийдің бетін CuSO_4 ерітіндісінен оқшаулайды, содан кейін цементтеу реакциясы тоқтайды.

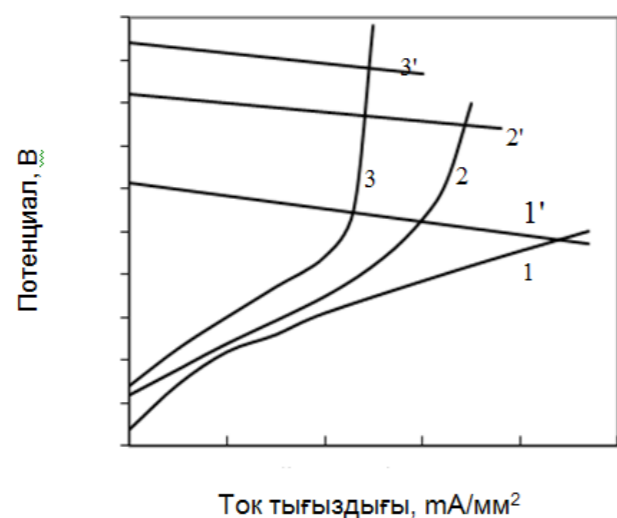
Компактiлі тұнба цементтеу процесін тежейтіндіктен, тәжірибеде олар цементтелген металдың компактiлі емес, дисперсті, яғни ұнтақ түрінде кристалдануы үшін осындай процесс жағдайларын жасауға тырысады. Дисперсті түрде цементтелген металдың кристалдануына ықпал ететін әдістердің бірі – ерітіндіге хлор иондарын енгізу болып табылады [1–3]. Сондықтан, келесі тәжірибелерде хлор иондары NaCl түрінде CuSO_4 ерітіндісіне енгізілді. Cl^- болмаған кезде, яғни мыс компактiлі тұнба түрінде кристалданған кезде (1-сурет)

бұл жағдайда мыс цементтеу барысында сутектің бөлінуі жүрмейтіні байқалды. Өткізілген тәжірибелер CuSO_4 ерітіндісіне Cl^- иондарын енгізу цементтелген мыстың дисперсті түрінде кристалдануына ғана емес, сонымен қатар жанама катодтық процестің пайда болуына – сутектің бөлінуіне әкелетінін көрсетті. Бұл жағдайда ерітіндегі Cl^- концентрациясының жоғарылауымен бөлінетін сутектің мөлшері артады (1-кесте).

Кесте 1 – NaCl концентрациясының бөлінген сутегі мөлшеріне әсері. Влияние концентрации NaCl на количество выделившегося водорода. Ерітіндідегі CuSO_4 концентрациясы 0,3 моль/л. Цементтеу бетінің ауданы 4 см². Процестің ұзақтығы 0,5 сағат

Тәжірибе №	NaCl концентрациясы, моль/л	Сутектің бөлінуі, мл
1	0,1	48,328
2	0,3	65,058
3	0,6	83,646

Поляризациялық өлшемдер көрсеткендей (2-сурет), Cl^- иондары мыстың стационарлық потенциалын 10 В-қа теріс мәндер аймағына ауыстырады. Дәл осындай жағдайларда алюминийдің стационарлық потенциалы 0,33 В-қа теріс болады. Осылайша, Al-Cu контактілі (цементтеу) гальваникалық жұпте Cl^- иондарының концентрациясы жоғарылауымен ЭДК 0,22 В-қа артады.



Сурет 2 – Al-Cu гальваникалық жұптегі цементтеудің поляризациялық диаграммалары: 1'–3' – 0,35 моль/л MgSO_4 ерітіндісіндегі Al анодты еруі; 1–3 – 0,35 моль/л CuSO_4 ерітіндісіндегі Cu катодты қалпына келуі. NaCl концентрациясы, моль/л: 1,1' – 0; 2, 2' – 0,35; 3,3' – 0,60

Электрохимияда электролиттегі бар заттардың иондары электродтық тотығу-тотықсыздану процестеріне қатыспайтын бөгде электролит деп аталады.

Біздің жағдайда NaCl бөгде электролит бола отырып, CuSO_4 ерітіндісінің тұтқырлығын арттырады, осыған байланысты катодтың поляризациясы артады (2-сурет). Сонымен қатар, NaCl қатысуымен Cu^{2+} иондары осы иондардың катодтық аймақтарға жеткізілуі диффузиясымен шектелген кезде шекті токқа қалпына келеді [1–3]. Жалпы, 2-суретте көрсетілгендей, NaCl концентрациясының жоғарылауымен Al-Cu контактілі гальваникалық жұптің цементтеу тогы төмендейді.

Кристалдану кезінде пайда болатын бөлшектердің мөлшері кристалдану орталықтарының пайда болу жылдамдығы мен олардың одан әрі өсу жылдамдығына арақатынасына байланысты. Цементтеу тұндыруына қатысты бұл ұнтақтың дисперсиясы ЭҚК мен контактілі гальваникалық жұптің цементтеу тогының қатынасымен анықталатынын білдіреді.

Ерітіндідегі NaCl концентрациясының жоғарылауымен Al-Cu контактілі гальваникалық жұптің ЭҚК артады, ал цементтеу тогы азаяды (2-сурет), NaCl концентрациясының жоғарылауымен дисперсті мыстың дисперсті ұнтағы тұнбаға түсуін күту керек, бұл жағдайда тұндыру жылдамдығы төмендеуі керек сияқты. NaCl қатысуымен Cu^{2+} иондары шекті токқа қалпына келетіндігінен, бұл дисперсті ғана емес, сонымен қатар дендритті ұнтақты да тұндыруға жағдай жасайды [1, 2]. Дендритті ұнтақты еркін себу кезінде үлкен көлемді алады, яғни NaCl концентрациясының жоғарылауымен ұнтақтың сусымалы тығыздығы төмендеуі керек деп болжауға болады.

Қорытынды

Күкіртқышқыл ерітінділерінен мысты алюминиймен цементтеуге зерттеу алғаш рет жүргізілді. CuSO_4 ерітінділерінен мысты дисперсті түрде цементтеу үшін алюминийді хлор иондарымен анодты еріту процесін белсендіру қажет екендігі эксперименталды түрде анықталды.

Мыс ұнтағын мысты алюминиймен цементтеу арқылы алу бойынша жоспарланған тәжірибелердің нәтижелері Al-Cu контактілі гальваникалық жұптің электродтық процестерінің поляризациялық өлшеулер нәтижелеріне сәйкес келеді.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

- 1 Стендер, В. В. Прикладная электрохимия. Харьков: ХГУ, 1961. – 541 с.
- 2 Баймаков, Ю. В., Журин, А. Н. Электролиз в гидрометаллургии. – М. : Metallurgizdat, 1963. – 616 с.
- 3 Алкацев, М. И. Процессы цементации в цветной металлургии. – М. : Металлургия, 1981. – 116 с.
- 4 Артамонов, В. П., Помосов, А. В. // Известия вузов. Цветная металлургия. 1976. – № 2. – С. 41.

5 **Артамонов, В. П., Помосов, А. В.** // Известия вузов. Цветная металлургия. 1976. – № 3. – С. 30.

6 **Артамонов, В. П., Помосов, А. В.** // Порошковая металлургия. 1976. – № 4. – С. 1.

7 **Артамонов, В. П., Помосов, А. В.** // Электрохимия. 1984. Т. 20. – № 12. – С. 1649.

8 **Артамонов, В. П., Помосов, А. В.** // Порошковая металлургия. 1987. – № 1. – С. 5.

9 ГОСТ 18318-94. Порошки металлические. Определение размера частиц сухим просеиванием. – 11 с.

10 ГОСТ 19440-94. Порошки металлические. Определение насыпной плотности. – 15 с.

11 **Кипарисов, С. С., Либенсон, Г. А.** Порошковая металлургия. – М. : Металлургия, 1980. – 432 С.

12 **Левин, А. И., Помосов, А. В.** Лабораторный практикум по теоретической электрохимии. – М. : Металлургия, 1979. – 312 С.

REFERENCES

1 **Stender, V. V.** Prikladnaya elektrohimiya [Applied electrochemistry]. – Harkov: HGU, 1961. – 541 p.

2 **Baymakov, Yu. V., Zhurin A. N.** Elektroliz v gidrometallurgii [Electrolysis in hydrometallurgy]. – Moscow : Metallurgizdat_ 1963. – 616 p.

3 **Alkatsev, M. I.** Processi cementacii v cvetnoi metallurgii. – Moscow : Metallurgiya, 1981. – 116 p.

4 **Artamonov, V. P., Pomosov, A. V.** / Izvestiya vuzov. Cvetnaya metallurgiya [Izvestiya vuzov. Non-Ferrous Metallurgy]. – 1976. – № 2. – P. 41.

5 **Artamonov, V. P., Pomosov, A. V.** / Izvestiya vuzov. Cvetnaya metallurgiya [Izvestiya vuzov. Non-Ferrous Metallurgy]. – 1976. – № 3. – P. 30.

6 **Artamonov, V.P., Pomosov, A. V.** / Poroshkovaya metallurgiya [Powder metallurgy]. – 1976. – № 4. – P. 1.

7 **Artamonov, V. P., Pomosov, A. V.** / Elektrohimiya [Electrochemistry]. – 1984. Т. 20. – № 12. – P. 1649.

8 **Artamonov, V.P., Pomosov, A. V.** / Poroshkovaya metallurgiya. – 1987. – № 1. – P. 5.

9 GOST 18318-94. Poroshki metallicheskie. Opredelenie razmera cha_stic suhim proseivaniem [Metal powders. Determination of particle size by dry sieving]. – 11 p.

10 GOST 19440-94. Poroshki metallicheskie. Opredelenie nasipnoi plotnosti [Metal powders. Determination of bulk density]. – 15 p.

11 **Kiparisov, S. S., Libenson, G. A.** Poroshkovaya metallurgiya [Powder metallurgy]. – Moscow : Metallurgiya, 1980. – 432 p.

12 **Levin, A. I., Pomosov, A. V.** Laboratornii praktikum po teoreticheskoi elektrohimii [Laboratory workshop on theoretical electrochemistry]. – Moscow : Metallurgiya, 1979. – 312 p.

Материал баспаға түсті 24.11.22.

**Д. Р. Абсолямова¹, *М. Ж. Тусіпбекова², И. Э. Дейграф³,
А. Е. Кенжебекова⁴**

Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар.

Материал поступил в редакцию 24.11.22.

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ЦЕМЕНТАЦИИ
МЕДЬСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ

В настоящее время на горно-обогатительных комбинатах скопилось большое количество пиритных хвостов обогащения от переработки сульфидных руд цветных металлов. Повторная их переработка с целью доизвлечения меди и других металлов представляет большой практический интерес.

В статье рассматривается способ переработки медьсодержащих отходов с помощью цементации. В экспериментах в качестве восстановителя использовали алюминий в пластинах.

Установлено, что при цементации меди алюминием из раствора CuSO_4 концентрацией 0,3 моль/л на поверхности алюминия кристаллизуется слой компактной меди. Время осаждения компактной меди 5 минут.

Размер образующихся при кристаллизации частиц зависит от соотношения скорости зарождения центров кристаллизации и скорости их дальнейшего роста. Применительно к цементационному осаждению это означает, что дисперсность порошка определяется соотношением ЭДС и тока цементации контактной гальванопары. Поскольку с ростом концентрации NaCl в растворе ЭДС контактной гальванопары Al-Cu возрастает, а ток цементации уменьшается, следует ожидать, что с ростом концентрации NaCl должен осаждаться более дисперсный порошок меди, при этом скорость осаждения, по-видимому, должна уменьшаться. Поскольку в присутствии NaCl ионы Cu^{2+} восстанавливаются на предельном токе, это создает условия для осаждения не только более дисперсного, но и более дендритного порошка. Более дендритный порошок при его свободной засыпке будет занимать больший объем, т.е. можно предположить, что насыпная плотность порошка с ростом концентрации NaCl должна уменьшаться.

Ключевые слова: медь, восстановитель, алюминий, отходы, цементация.

STUDIES OF THE PROCESSES OF CEMENTATION OF COPPER-CONTAINING WASTE

Currently, mining and processing plants have accumulated a large amount of pyrite tailings from the processing of non-ferrous sulfide ores. Their repeated processing in order to recover copper and other metals is of great practical interest.

The article discusses a method for processing copper-containing waste using cementation. In the experiments, aluminum in plates was used as a reducing agent.

It has been established that during cementation of copper with aluminum from a CuSO_4 solution with a concentration of 0.3 mol/l, a layer of compact copper crystallizes on the surface of aluminum. The time of deposition of compact copper is 5 minutes.

The size of the particles formed during crystallization depends on the ratio of the rate of nucleation of crystallization centers and the rate of their further growth. As applied to cementation deposition, this means that the fineness of the powder is determined by the ratio of the EMF and the cementation current of the contact galvanic couple. Since with an increase in the NaCl concentration in the solution, the EMF of the Al-Cu contact galvanic couple increases, and the cementation current decreases, it should be expected that with an increase in the NaCl concentration, a more dispersed copper powder should be deposited, while the deposition rate, apparently, should decrease. Since Cu^{2+} ions are reduced at the limiting current in the presence of NaCl, this creates conditions for the deposition of not only more dispersed, but also more dendritic powder. A more dendritic powder with its free filling will occupy a larger volume, i.e. It can be assumed that the bulk density of the powder should decrease with increasing NaCl concentration.

Keywords: copper, reducing agent, aluminum, waste, carburizing.

*V. A. Salina

Institute of Metallurgy, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Russian Federation, Yekaterinburg

MODELING OF A CONTINUOUSLY CAST BILLET CENTRAL POROSITY REDUCING PROCESSES

The results of studies aimed at solving the actual problem of improving the quality of continuously cast billets are presented. Technical solutions have been developed to improve the crystallization process by means of pulsating metal blowing with an inert gas in the mold and shear reduction of the billet in the secondary cooling zone of a continuous casting machine (CCM). Physical modeling of shear reduction of continuously cast billets in the secondary cooling zone of CCM on model ingots has been carried out. The resulting macrostructures of model ingots were studied, indicating the absence of internal cracks in the central zone of the billet at a degree of deformation of up to 5 % and small shear angles ($\leq 15-18^\circ$), and at a degree of deformation of more than 5 % and shear angles of about 18° , cracks develop periodically, emerging on the surface of the ingot. With pulsating blowing and shear «soft» compression in the final period of solidification, their positive effect on reducing the zone of columnar crystals and reducing the central porosity was established.

Keywords: continuously cast billet, central porosity, CCM, crystallization, crack.

Introduction

The development of central porosity in continuously cast billets is mainly due to the presence of a deep liquid hole, a developed columnar structure, which makes it difficult to feed the billet during shrinkage, and also prevents non-metallic inclusions from floating during the casting process. A promising way to reduce the central porosity in a continuously cast billet is the «soft» reduction of the ingot in the secondary cooling zone of the CCM [1].

The wide use of this method is limited, since it is impossible to use large degrees of reduction due to the risk of developing cracks in the workpiece. Therefore, for its implementation, dynamic compression systems are used [2, 3].

The purpose of this work is to simulate the processes of producing continuously cast billets using soft reduction of continuously cast billets.

Materials and methods of research

Analysis of the quality of continuously cast billets of square and round sections, produced at the enterprises of PB LLP «Casting» and PB LLP «KSP steel» from 2006 to 2010 showed that in billets with a developed columnar structure, the size of pores and shrinkage cavities has a higher value. Therefore, with a decrease in the proportion

of columnar crystals in a continuously cast billet, the value of axial porosity will be smaller, which will reduce the required total degree of compression of the continuously cast billet in the process of soft reduction. In [4], it is noted that the process of workpiece reduction can be intensified by using shear deformations.

Based on the foregoing, the authors proposed a comprehensive method for improving the quality of a steel continuously cast billet by pulsating metal blowing with an inert gas in the mold and shear reduction of the ingot at the end of the secondary cooling zone of the CCM [5]. The method of pulsating blowing is proposed to be used to reduce the proportion of the columnar structure in the workpiece. It can be implemented with no suction of the melt into the dip tube before supplying pressurized inert gas in each cycle and with vacuum suction of the melt.

Theoretical analysis showed that the implementation of pulsating blowing in the CCM mold is possible at an argon flow rate of up to 5 l/min, a pulsation frequency of up to 16 Hz, and an amplitude of gas pressure fluctuations in the system from 0.08 to 0.15 MPa. At high values of these parameters, a perturbation may occur on the metal surface in the mold and the quality of the workpiece surface may deteriorate.

Experimental studies of the formation of the macrostructure of a continuously cast billet during pulsed blowing were carried out on a laboratory CCM for the cross section of the mold 30×30 mm and ingot pulling speed 1 m/min. The casting temperature of the model lead-based alloy is 350 °C. Pulsation purge was carried out with vacuum suction through a tube dia. 5 mm at an immersion depth of 15 mm with a pulsation frequency of 0–5 Hz, an inert gas flow rate of 0–5 l/min. The pressure in the dip tube was in the range of 0.08–0.12 MPa. To analyze the microstructure, longitudinal templates were cut out from the obtained workpieces, ground, polished, and etched in a solution of the following composition: 42 g MnO_2 , 29 ml HNO_3 , 100 ml H_2O .

The macrostructure was studied on an MPB-2 instrument (×24). The width of the zone of columnar crystals was measured. It was revealed that at a gas flow rate of 4–5 l/min, waves are observed on the «mirror» of metal in the mold. An analysis of the macrostructure of the obtained samples showed that pulsating mixing has an effect on the length of the structural zones of the ingot. The zone of frozen crystals slightly increased, the zone of columnar dendrites decreased. The width of the zone of equiaxed macrograins increased. This allows us to conclude that the pulsation effect contributes to an increase in the number of nuclei of solid particles in the melt due to the breaking off of dendrites and the washing out of crystal nuclei from the interface between the solid and liquid phases into the axial part of the forming ingot.

The experimental results were processed by regression analysis in Microsoft Office Excel. Taking the argon flow rate (l/min) as x_1 and the pulsation frequency (Hz) as x_2 , we obtained the regression equation (1) to determine the width of the zone of the columnar structure (y , %) of a model lead alloy ingot:

$$y = 48,07 - 4,56x_1 - 0,67x_2 \quad (1)$$

Calculated correlation coefficient ($R^2 = 0,71$), which showed good convergence of results; the adequacy of the model was carried out. Fisher's design criterion F_p 0,41 less $F_{табл}$.

The hydrodynamics of continuous casting was modeled on the experimental setup, which was a model of a CCM mold made of Plexiglas. To obtain a fluid motion similar to the motion of molten steel in the liquid core of a hardening workpiece, the equalities of the Reynolds, Froude and Weber criteria were observed. Experimental studies on hydraulic modeling of pulsating blowing in the CCM mold were carried out for the section 125×125 mm. Water consumption ($Q' = 10$ l/min) corresponded to the drawing speed of the steel billet of 2.5 m/min, water was supplied through a channel dia. 9 mm (a real pouring nozzle has a diameter of 14.5 mm, which corresponds to a scale of $M = 0.6$). As bubbling gas, air was used, which was supplied through a tube with a diameter of 5 mm, lowered into the mold under the liquid level to a depth of 90 mm. The gas flow rate varied from 1 to 5 m/min. To create a vacuum, a separate channel was connected to the tube by means of a pulsator, through which the gas was pumped out..

Results and discussion

A series of experiments were carried out with liquid pouring with an open jet and a submerged jet through a submerged nozzle: without purge, with purge, with pulsating purge without vacuum suction into a dip tube, with pulsating purge with vacuum suction into a dip tube. It has been established that the most intense movement in the liquid is provided by pulsating blowing of the liquid hole with vacuum suction of the liquid into the dip tube, which should eventually stimulate the processes of nucleation due to the destruction of growing dendrites during solidification of the workpiece and prevent the development of a columnar structure.

Shear soft reduction of the continuously cast billet in the secondary cooling zone of the continuous casting machine is provided by a pull-straightening device due to the installation of pairs of conical and cylindrical rolls. Also, vertical supporting rollers should be additionally provided, which will ensure the rigid position of the workpiece along the CCM production line. The process of shear reduction of continuously cast billets at the end of the solidification period was modeled in a number of experiments. The degree of healing of the central porosity was compared with different reduction schemes, as well as the maximum degree of reduction before the appearance of cracks in the workpiece at the end of the solidification period.

To determine the degree of healing of the axial defect, laboratory studies were carried out to simulate the reduction of continuously cast billets from lead alloys. The reduction was simulated in cylindrical and conical rolls at different degrees of reduction and shear angles. Tapered rolls implemented a shear reduction scheme. For modeling, we used the Pb – Bi alloy, from which ingots with a cross section were made 17×17 mm. Holes dia. 2 mm for modeling central porosity.

The model ingot was reduced in two passes. In the first pass, the ingot was compressed with a shift and the cross section of the model ingot was obtained in the form of a parallelogram; in the second pass, the geometry of the model ingot was restored,

its dimensions after compression were measured with a caliper, the dimensions of the hole were measured using an МРВ-2 microscope with a division value of 0.05 mm.

The behavior of an artificial defect was described using the hole closure ratio ψ , which is the product of the elongation factor and the ratio of the cross-sectional areas of the hole before and after deformation (2):

$$\psi = \mu F'_{\text{отб}} / F^0_{\text{отб}}, \quad (2)$$

where $F'_{\text{отб}}$ and $F^0_{\text{отб}}$ – hole area before and after total reduction; θ – drawing ratio.

Coefficient ψ shows the relationship between the reduction in cross-sectional areas of the defect and the workpiece; at $\psi > 1$ the cross-sectional area of the defect decreases less intensively compared to the cross-sectional area of the workpiece, and the elimination of discontinuities is unattainable. Corresponds to complete healing $\psi = 0$.

The elongation ratio was determined by the formula (3):

$$\mu = F^0_{\text{сн}} / F'_{\text{сн}}, \quad (3)$$

where $F^0_{\text{сн}}$ and $F'_{\text{сн}}$ – ingot area before and after total reduction.

Further, the area, the elongation ratio of the model ingot, and the hole closing ratio were calculated from the obtained values.

An analysis of the experimental results showed that the complete closure of a hole with a diameter of 2 mm ($\psi = 0$) in the absence of shear reduction, it is achieved at an elongation ratio $\mu = 1,24$. With shear compression, the hole is completely closed at a lower elongation ratio (at $\alpha = 30^\circ$, $\mu = 1,13$).

To process the simulation results, regression analysis was carried out in Microsoft Office Excel. Received the regression equation (4) to determine the coefficient of hole closure ψ from shear angle α model ingot and elongation ratio θ model ingot:

$$\psi = 5,26 - 0,02\alpha - 4,15\mu. \quad (4)$$

We determined the correlation coefficient $R^2 = 0,89$ (Fisher's design criterion $F_p = 0,53$, which is less $F_{\text{табл}}$). For various draw ratios θ built graphs of dependence of the coefficient of closing the hole ψ on the shear angle α (figure 1). On the basis of the experiments carried out, it can be unambiguously concluded that shear soft reduction provides a more effective healing of the central porosity in workpieces compared to linear.

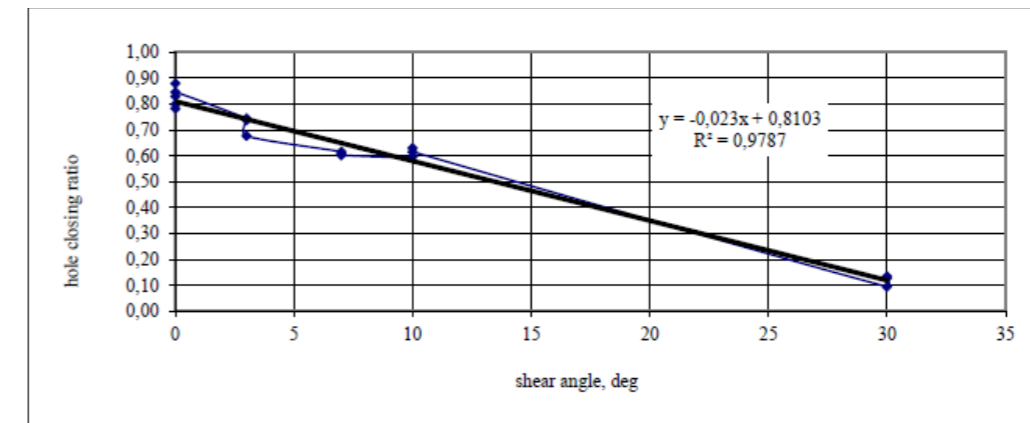


Figure 1 – Dependence of the coefficient of closing the hole ψ from shear angle α model ingot from lead alloys at $\mu = 1,06$

At the next stage of research, the maximum possible degree of shear reduction of a model ingot from an alloy of the Pb – Bi system was determined at the end of the period of solidification without the appearance of cracks. For comparison, ingots without reduction were obtained. For the experiment, a device was used to simulate the shear reduction of billets with a liquid core in the production of a continuously cast billet [6]. Dimensions of the metal mold $60 \times 60 \times 40$ mm. The thickness of the moving plates is 5 mm. The thickness of the wedges during the experiment varied from 2 to 10 mm, which provided different values of the shear angle. The use of a wedge 10 mm thick corresponded to a shear angle of 18° , 2 mm thick – shear angle 5° . The compression application time was determined using a Chromel-Copel thermocouple installed in the center of the mold. The reduction was carried out at 330°C , which corresponded to the minimum overheating of the metal above the liquidus line and provided a liquid core in the ingot.

After the experiment, the macrostructure of the ingot was studied using microscopes MPB-2 ($\times 24$) and USB Micro. The study of the macrostructure of model ingots showed that there are no internal cracks in the central zone of the workpiece at a degree of deformation of up to 5 % and small shear angles ($\leq 15-18^\circ$). With a degree of deformation $> 5\%$ and shear angles $\sim 18^\circ$ the development of cracks is periodically observed, emerging on the surface of the ingot, which can be explained by the loss of plasticity of the alloy.

Conclusions

1 An integrated method is proposed to improve the quality of a steel continuously cast billet due to pulsating metal blowing with an inert gas and in the CCM mold and shear reduction of a continuously cast billet in the secondary cooling zone of the CCM, confirmed by innovative patents of the Republic of Kazakhstan No. 19409, No. 21195.

2 Physical modeling revealed the nature of the influence of pulsating metal blowing with an inert gas on the formation of crystallizing metal and established the dependence of the width of the columnar zone of crystals of a model workpiece on the flow rate and frequency of pulsations of an inert gas.

3 By physical modeling of shear reduction of continuously cast billets in the secondary cooling zone of CCM on model ingots, the mechanism of defect healing “central porosity” was revealed and it was found that the degree of defect healing during shear reduction is higher than during linear one.

4 On model billets, it has been established that the use of shear reduction of a continuously cast billet with a liquid core to reduce axial shrinkage porosity is possible at low degrees of reduction and shear angles.

REFERENCES

- 1 **Смирнов, А. Н.** Процессы непрерывной разливки. / – Донецк : Изд-во ДНТУ, 2002. – 535 с.
- 2 **Tercelli, C.** Bloom casting with dynamic mechanical soft reduction at Posco, Korea // MPT International. – 2009. – № 6. – С. 36-41.
- 3 **Терчелли, К.** Непрерывное литье блюмов с мягким динамическим обжатием на заводе фирмы Posco, Корея // Metallургическое производство и технология. – 2010. – № 1. – С. 15–21.
- 4 **Найзабеков, А. Б.** Роль сдвиговых деформаций в закрытии внутренних дефектов // Известия вузов. Черная металлургия. – 1999. – № 10. – С. 20–22.
- 5 **Быков, П. О.** Исследование формирования однородности непрерывнолитого слитка с целью улучшения качества прокатной продукции: автореф. дис. канд. техн. наук. – Караганда, 2010. – 21 с.
- 6 Инновационный патент Республики Казахстан на изобретение № 23127 «Устройство для моделирования процесса прокатки при производстве непрерывнолитой заготовки». / Сержанов Р. И., Быков П. О., Богомоллов А. В. – заявл. 15.10.2009 ; опубл. 15.11.2010, бюл. № 11. – 3 с.
- 7 **Лехов, О. С.** Технологические возможности установок совмещенных процессов непрерывного литья и деформации для производства металлопродукции // Производство проката. – 2016. – № 7. – С. 24–26.
- 8 **Ганин, Д. Р.** Обзор и анализ устройств для подачи шлакообразующих смесей в кристаллизаторы машин непрерывного литья заготовок / Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. – 2018. – Т. 1. – № 1. – С. 58–64.
- 9 **Федорин, В. А.** Математическое моделирование напряженно-деформированного состояния металла на участке правильно-тянущих установок непрерывного литья / Обработка материалов давлением. – 2010. – № 1. – С. 21.
- 10 **Марукович, Е. И.** Непрерывное литье медных анодов для нанесения гальванического покрытия при производстве металлокорда // Литье и металлургия. – 2006. – № 3 (39). – С. 67–72.

Material received on 24.11.22.

REFERENCES

- 1 **Smirnov, A. N.** Processy nepreryvnoj razlivki [Continuous casting processes] / A. N. Smirnov, V. L. Pilyushenko, A. A. Minaev. / – Doneck : Izd-vo DNTU, 2002. – 535 p.
- 2 **Tercelli, C.** Bloom casting with dynamic mechanical soft reduction at Posco, Korea / C. Tercelli, G. Disaro, A. Dittman et. Al. // MPT International. – 2009. – № 6. – P. 36–41.
- 3 **Terchelli, K.** Nepreryvnoe lit'e blyumov s myagkim dinamicheskim obzhatiem na zavode firmy Posco, Koreya [Continuous casting of blooms with soft dynamic reduction at the Posco plant, Korea] / K. Terchelli, D. Disaro // Metallurgicheskoe proizvodstvo i tekhnologiya. – 2010. – № 1. – P. 15–21.
- 4 **Najzabekov, A. B.** Rol' sdvigovyh deformacij v zakrytii vnutrennih defektov [The role of shear deformations in the closure of internal defects] / A. B. Najzabekov, Zh. A. Ashkeev, S. N. Lezhnev // Izvestiya vuzov. Chernaya metallurgiya. – 1999. № 10. P. 20–22.
- 5 **Bykov, P. O.** Issledovanie formirovaniya odnorodnosti nepreryvnolitogo slitka s cel'yu uluchsheniya kachestva prokatnoj produkcii [Uniformity formation investigation of a continuously cast ingot in order to improve the quality of rolled products]: avtoref. dis. kand. tekhn. nauk. – Karaganda, 2010. – 21 p.
- 6 Innovacionnyj patent Respubliki Kazahstan na izobretenie №23127 «Ustrojstvo dlya modelirovaniya processa prokatki pri proizvodstve nepreryvnolitoj zagotovki [Device for modeling the rolling process in the production of continuously cast billet]». / Serzhanov R. I., Bykov P. O., Bogomolov A. V. – zayavl. 15.10.2009; opubl. 15.11.2010, byul. № 11. – 3 p.
- 7 **Lekhov, O. S.** Tekhnologicheskie vozmozhnosti ustanovok sovmeshchennyh processov nepreryvnogo lit'ya i deformacii dlya proizvodstva metalloprodukcii [Technological capabilities of continuous casting combined processes installations and deformation for the production of metal products] / O. S. Lekhov, D. H. Bilalov // Proizvodstvo prokata. – 2016. – № 7. – P. 24–26.
- 8 **Ganin, D. R.** Obzor i analiz ustrojstv dlya podachi shlakoobrazuyushchih smesej v kristallizatory mashin nepreryvnogo lit'ya zagotovok [Review and analysis of devices for supplying slag-forming mixtures to molds of continuous casting machines] / D. R. Ganin, K. V. Licin, E. A. Shevchenk // Chernaya metallurgiya. Byulleten' nauchno-tekhnicheskoi i ekonomicheskoi informacii. – 2018. – Т. 1. – №. 1. – P. 58–64.
- 9 **Fedorinov, V. A.** Matematicheskoe modelirovanie napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya metalla na uchastke pravil'no-tyanushchih ustanovok nepreryvnogo lit'ya / V. A. Fedorinov, A. V. Satonin, N. A. Kulik [Mathematical modeling of the stress-strain state of the metal in the area of straight-pulling continuous casting installations] // Obrabotka materialov davleniem. – 2010. – № 1. – P. 21.

10 **Marukovich, E. I.** Nepreryvnoe lit'e mednyh anodov dlya naneseniya gal'vanicheskogo pokrytiya pri proizvodstve metallokorda [Continuous casting of copper anodes for electroplating in the production of metal cord] / E. I. Marukovich, V. A. Matochkin, S. R. Chudakov, A. M. Branovickij, V. A. Dement'ev // Lit'yo i metallurgiya. – 2006. – № 3 (39). – P. 67–72.

Material received on 24.11.22.

***В. А. Салина¹**

¹Металлургия институты ОрБ РФА, Ресей Федерациясы, Екатеринбург қ.
Материал 24.11.22. баспаға түсті

ҮЗДІКСІЗ ҚҰЙЫЛҒАН ДАЙЫНДАМАНЫҢ ОРТАЛЫҚ КЕУЕКТІЛІГІН ТӨМЕНДЕТУ ПРОЦЕСТЕРІН МОДЕЛЬДЕУ

Үздіксіз құйылған дайындамалардың сапасын арттырудың өзекті мәселесін шешуге бағытталған зерттеулердің нәтижелері келтірілген. Қалыпта инертті газбен пульсирленген металды үрлеу және дайындамаларды үздіксіз құю машинасының (ДҮҚМ) қайталама салқындату аймағында дайындаманың ығысуын азайту есебінен кристалдану процесін жақсарту үшін техникалық шешімдер әзірленді. Үздіксіз құйылған дайындамаларды үлгі құймалардағы ДҮҚМ қайталама салқындату аймағында ығысуды азайтудың физикалық моделі жүргізілді. Алынған үлгі құймалардың макроқұрылымдары зерттелді, бұл дайындаманың орталық аймағында 5 %-ға дейінгі деформация дәрежесінде және кіші ығысу бұрыштарында ($\leq 15-18^\circ$) және деформация дәрежесінде ішкі жарықшақтардың жоқтығын көрсетеді. 5 %-дан астам және ығысу бұрыштары шамамен 18° , жарықтар периодты түрде дамып, құйма бетінде пайда болады. Пульсациялық үрлеу және ығысу «жұмсақ» сығымдау кезінде қатудың соңғы кезеңінде олардың бағаналы кристалдар аймағын азайтуға және орталық кеуектілікті азайтуға оң әсері анықталды.

Кілтті сөздер: үздіксіз құйылған дайындама, орталық кеуектілік, ДҮҚМ, кристалдану, жарықшақ.

***В. А. Салина¹**

¹Институт металлургии УрО РАН, Российская Федерация, г. Екатеринбург
Материал поступил в редакцию 24.11.22.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СНИЖЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ПОРИСТОСТИ НЕПРЕРЫВНОЛИТОЙ ЗАГОТОВКИ

Приведены результаты исследований, направленных на решение актуальной проблемы повышения качества непрерывнолитых заготовок. Разработаны технические решения по совершенствованию процесса кристаллизации за счет пульсационной продувки металла инертным газом в кристаллизаторе и сдвигового обжатия заготовки в зоне вторичного

охлаждения машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ). Осуществлено физическое моделирование сдвигового обжатия непрерывнолитых заготовок в зоне вторичного охлаждения МНЛЗ на модельных слитках. Исследованы полученные макроструктуры модельных слитков, указывающие на отсутствие внутренних трещин в центральной зоне заготовки при степени деформации до 5 % и малых углах сдвига ($\leq 15-18^\circ$) и при степени деформации более 5 % и углах сдвига около 18° периодически наблюдается развитие трещин, выходящих на поверхность слитка. При пульсационной продувке и сдвигом «мягком» обжатии в конечный период затвердевания установлено их положительное влияние на сокращение зоны столбчатых кристаллов и снижение центральной пористости.

Ключевые слова: непрерывнолитая заготовка, центральная пористость, МНЛЗ, кристаллизация, трещина.

Е. Көбеген¹, * Д. А. Есенгалиев², Б. С. Келаманов³.

^{1,2,3}Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова,
Республика Казахстан, г. Актобе

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ТВЕРДОФАЗНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ХРОМОВОЙ РУДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КОКСА КНР

Восстановление элементов из оксидов относится к числу наиболее распространенных и сложных видов металлургических процессов. От глубины понимания этих процессов во многом зависят интенсификация и создание новых эффективных технологий переработки рудного сырья.

Знакомство и анализ значительного количества работ по термодинамике, кинетике и механизму восстановления элементов из хромсодержащих материалов показали, что у исследователей существуют разные взгляды по этим вопросам. Наиболее вероятный механизм восстановления хрома и железа из хромитовых руд твердым углеродистым восстановителем описывается газофазно-твердофазной схемой с участием неустойчивых газообразных частиц.

Статья посвящена изучению процессов твердофазного восстановления хромовой руды с использованием для восстановления кокса Китайской народной республики (КНР). В работе приводится описание методики проведения лабораторных исследований, расчет шихтовых материалов и результаты исследований. Представлены результаты твердофазного восстановления хрома из хроморудного концентрата (Cr_2O_3 – 52,8 %) при температурах 1450 °С, 1500 °С и 1600 °С. Представлены данные по влиянию времени выдержки на степень восстановления хрома. Материалы статьи могут использоваться инженерами-металлургами и научными работниками занимающимися процессами улучшения технологии производства феррохрома.

Ключевые слова: хромовая руда, восстановление, хромовый концентрат, степень восстановления, феррохром.

Введение

Вопросами использования металлизированных хромитовых материалов (окатышей, брикетов) многие годы занимались различные исследователи [1–6]. Наиболее вероятный механизм восстановления хрома и железа из хромитовых руд твердым углеродистым восстановителем описывается газофазно-твердофазной схемой с участием неустойчивых газообразных частиц. Непосредственным восстановителем оксидов являются атомы углерода, которые доставляются к поверхности зерен хромита по трещинам в зернах и порам вмещающей породы

газообразными углеродсодержащими молекулами. Переносчиками углерода могут быть неустойчивые молекулы и радикалы: C_3O_2 , CH_4 , CH_3 , CH_2 , CH и др., которые в результате многократного повторения актов распада и соединения являются эстафетным механизмом, доставляющим химически активные атомы углерода в глубь куска руды. Вторая часть данной схемы предполагает, что восстановление элементов доставленным к оксидам углеродом, происходит за счет диффузии катионов и анионов в решетке хромита по направлению к поверхности зерна, т.е. является твердофазным и может иметь электрохимическую природу.

Для проведения экспериментальных исследований по предварительному восстановлению хрома из хромитовых руд необходимо учитывать следующее:

– температура начала восстановления железа из $FeO \cdot Cr_2O_3$ руды составляет 912 °С, следовательно, температура процесса предварительного восстановления железа должна быть выше данного значения;

– температура начала восстановления хрома из руды с образованием карбидов составляет 1130–1160 °С, следовательно, температура процесса предварительного восстановления хрома должна быть выше данного значения;

– температура начала восстановления хрома из руды с образованием металлического хрома выше, чем температура образования карбидов хрома и составляет 1240 °С, следовательно, процесс восстановления хромитовых руд всегда протекает с образованием карбидов хрома, что необходимо учитывать при расчете количества восстановителя;

– учитывая выбранную схему карботермического восстановления хромитовых руд, можно отметить, что диффузия катионов и анионов в решетке хромита является лимитирующим звеном по скорости процесса восстановления, поэтому, для снятия кинетических затруднений необходимо стремиться получить наименьшую фракцию шихтовых материалов.

Материалы и методы

Описана методика проведения экспериментов с характеристикой лабораторно-исследовательского оборудования. В таблицах 1 и 2 представлены химический состав рудных материалов и технический состав восстановителей.

Расчет расхода восстановителей разного типа

Расчет состава шихты выполняем на 100 г хромового сырья.

Таблица 1 – Химический состав рудных материалов (ИХЛ АктЗФ), %

Наименование рудного материала	Содержание компонентов								
	Cr_2O_3	SiO_2	CaO	MgO	Al_2O_3	FeO	C	S	W
Хромовый концентрат ДОФ-1 ДГОК (0-3 мм)	52,8	6,4	0,3	19,6	7,5	12,3	0,05	0,01	0,24

Технический анализ восстановителей и анализ зольной части представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Технический анализ восстановителей, химический состав зольной части, %

Наименование материала	Технический анализ					Химический состав золы					
	W	V	A	S	P	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂	MgO	CaO
Кокс КНР	0,98	3,1	13,2	0,36	0,008	12,5	15,4	40,4	–	7,1	10,8

При расчетах приняты следующие условия:

Степень восстановления хрома в расчете не закладывается, свыше стехиометрически необходимого для восстановителя коэффициент принимается 1,2. Степень восстановления железа, % – 100.

Методика расчета. Методика расчета стехиометрически необходимого количества восстановителя показана на примере хромового концентрата (таблица 1).

Потребность в углероде для восстановления 100г хромового концентрата составит:

Реакция	Расчет	Количество С, кг
$Cr_2O_3 + 3C = 2Cr + 3CO$	$(52,8 \cdot 0,85) \cdot 36/152 =$	10,63
$FeO + C = Fe + CO$	$(12,3) \cdot 12/72 =$	2,05
Итого		12,68

Часть углерода восстановителя пойдет на восстановление оксидов золы. Поэтому содержание активного углерода будет ниже. Однако, учитывая специфику процесса, отличающейся от электропечной плавки отсутствием жидкой фазы и крайне малым содержанием оксидов железа в зольной части восстановителя коэффициент избытка ($K_{изб}$) в расчетах с учетом угара принят равным 1,2. Тогда с учетом $K_{изб}$ количество необходимого твердого углерода составит 15,22 кг. В пересчете на кокс КНР это значение составит, г: $15,22 \cdot 100/82,35 = 18,48$, где, значение 82,35 - $C_{ТВ}$ в коксе ($C_{ТВ} = 100 - A - V - S - P - W$).

Полученное значение расхода кокса на 100г концентрата заносим в таблицу 3.

Таблица 3 – Соотношение материалов в брикете для полного восстановления хрома, г

Вариант	Материал	Вес
1	Концентрат (Cr ₂ O ₃ -52,8%) ДГОК фракция исходная 0-3 мм	100
	кокс КНР	18,48
2	Концентрат (Cr ₂ O ₃ -52,8%) ДГОК фракция молотая менее 0,074 мм	100
	кокс КНР	18,48

Изготовление опытных брикетов для полного восстановления хрома из руды

Общие условия – все восстановители имеют фракцию менее 0,074 мм; – соотношение восстановителя и руды не зависит от фракционного состава исходных материалов; – по каждому варианту изготовили 4 брикета (ориентировочный вес одного брикета 150 г.); - общее количество образцов - 16; - подбор влажности смеси устанавливается опытным путем; – сушка брикетов на воздухе в естественных условиях не менее 1 суток; – после полной сушки брикеты загружаются в печь для обработки. Изготовление брикетов производилось на промышленном прессе П-50.

Размеры формы для прессования образцов – 100×100×30 мм.

Режим предварительного восстановления для всех вариантов шихтовок:

– температура обжига 1450, 1500 и 1600 °С; - длительность обжига при рабочей температуре – 10 минут, 20 минут, 30 минут, 60 минут, 90 минут, 120 минут; – образцы загружались в печь с момента ее включения; – для опытов использовались алундовые тигли, закрытые крышкой из легковесного шамота для уменьшения окисления; – длительность нагрева печи с образцами всех вариантов до рабочей температуры 1 час; – охлаждение до комнатной температуры вместе с печью во всех вариантах опытов.

Химический анализ всех образцов проводили на следующие компоненты: Cr_{мет}, Cr₂O₃. Химический анализ образцов в опытах с максимальным восстановлением хрома проводили на следующие компоненты: Cr_{мет}, Cr₂O₃, SiO₂, MgO, Al₂O₃, CaO, Fe_{мет}, FeO, C, P, S. Оценку степени восстановления производили сравнительным образом по содержанию Cr_{мет} на основе результатов химического анализа с хромом, введенным с рудным материалом.

Результаты и обсуждение

В таблицах 4, 5 и 6 представлены результаты твердофазного восстановления хрома из хроморудного концентрата (Cr₂O₃ – 52,8 %) при температурах 1450 °С, 1500 °С и 1600 °С. В таблице 7 представлены данные по влиянию времени выдержки на степень восстановления хрома при температуре 1450 °С при разных фракциях концентрата и видах восстановителя.

Таблица 4 – Результаты твердофазного восстановления хрома из концентрата ($\text{Cr}_2\text{O}_3 - 52,8\%$) при температуре 1450°C

Выдержка, минут	Массовая доля и степень восстановления хрома, %	Варианты шихтовых	
		Концентрат 0-3 мм и кокс КНР	Концентрат менее 0,074 мм и кокс КНР
10	Cr_2O_3 общ	49,5	52,8
	Сг мет	7,0	13,1
	Степень восстановления	20,7	36,3
20	Cr_2O_3 общ	51,6	56,1
	Сг мет	10,6	21,0
	Степень восстановления	30,0	54,7
30	Cr_2O_3 общ	54,0	58,4
	Сг мет	16,0	24,0
	Степень восстановления	43,3	60,1
60	Cr_2O_3 общ	53,5	58,1
	Сг мет	17,2	23,9
	Степень восстановления	47,0	60,1
90	Cr_2O_3 общ	55,0	57,8
	Сг мет	17,8	21,1
	Степень восстановления	47,3	53,4
120	Cr_2O_3 общ	55,6	56,8
	Сг мет	20,7	23,0
	Степень восстановления	54,4	59,2

Таблица 5 – Результаты твердофазного восстановления хрома из концентрата ($\text{Cr}_2\text{O}_3 - 52,8\%$) при температуре 1500°C

Выдержка, минут	Массовая доля и степень восстановления хрома, %	Варианты шихтовых	
		Концентрат 0-3 мм и кокс КНР	Концентрат менее 0,074 мм и кокс КНР
10	Cr_2O_3 общ	51,8	57,8
	Сг мет	11,4	22,5
	Степень восстановления	32,2	56,9
20	Cr_2O_3 общ	52,9	58,7
	Сг мет	14,9	25,3
	Степень восстановления	41,2	63,0
30	Cr_2O_3 общ	56,1	58,4
	Сг мет	21,0	24,0
	Степень восстановления	54,7	60,1

60	Cr_2O_3 общ	57,2	58,7
	Сг мет	22,2	23,4
	Степень восстановления	56,7	58,3
90	Cr_2O_3 общ	55,3	58,2
	Сг мет	21,0	24,3
	Степень восстановления	55,5	61,0
120	Cr_2O_3 общ	57,2	57,0
	Сг мет	22,2	21,5
	Степень восстановления	56,7	55,1

Таблица 6 – Результаты твердофазного восстановления хрома из концентрата ($\text{Cr}_2\text{O}_3 - 52,8\%$) при температуре 1600°C

Выдержка, минут	Массовая доля и степень восстановления хрома, %	Варианты шихтовых	
		Концентрат 0-3 мм и кокс КНР	Концентрат менее 0,074 мм и кокс КНР
10	Cr_2O_3 общ	55,9	59,1
	Сг мет	22,2	26,7
	Степень восстановления	58,0	66,0
20	Cr_2O_3 общ	58,1	59,0
	Сг мет	26,0	28,5
	Степень восстановления	65,4	70,6
30	Cr_2O_3 общ	56,5	58,3
	Сг мет	23,0	22,3
	Степень восстановления	59,5	55,9
60	Cr_2O_3 общ	58,0	59,4
	Сг мет	28,1	29,3
	Степень восстановления	70,8	72,1
90	Cr_2O_3 общ	57,9	59,5
	Сг мет	27,8	29,2
	Степень восстановления	70,17	71,73
120	Cr_2O_3 общ	59,6	60,1
	Сг мет	29,3	30,8
	Степень восстановления	71,9	74,9

На рисунке 1 показана зависимость степени восстановления хрома от фракции хромородного концентрата ($\text{Cr}_2\text{O}_3 - 52,8\%$) при температуре 1450°C с изменением времени выдержки при использовании кокса КНР. Преимущества молотого концентрата для кокса КНР не вызывает сомнений, особенно при длительности выдержки менее 90 минут. При выдержках более 90 минут преимущества молотого концентрата сохраняются, но с меньшей разницей в степени восстановления.

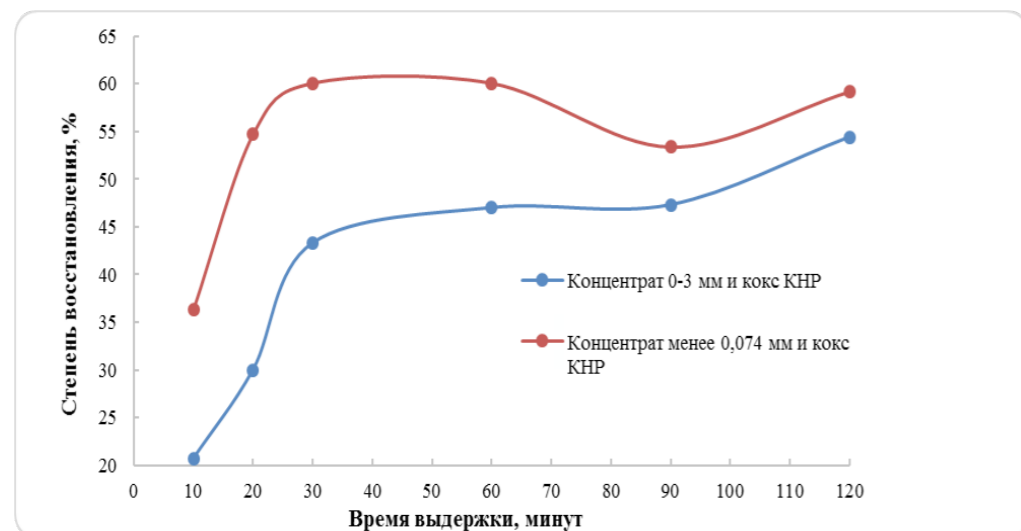


Рисунок 1 – Зависимость степени восстановления хрома от фракции хромородного концентрата (Cr_2O_3 – 52,8 %) при температуре 1450 °C с изменением времени выдержки при использовании кокса КНР

Таблица 7 – Влияние времени выдержки на степень восстановления хрома при температуре 1450 °C при разных фракциях концентрата и типа восстановителя, %

Время выдержки, минут	Концентрат 0-3 мм и кокс КНР	Концентрат менее 0,074 мм и кокс КНР
	Степень восстановления	
10	20,7	36,3
20	30	54,7
30	43,3	60,1
60	47,0	60,1
90	47,3	53,4
120	54,4	59,2

Таблица 8 – Влияние времени выдержки на степень восстановления хрома при температуре 1500 °C при разных фракциях концентрата и типа восстановителя, %

Время выдержки, минут	Концентрат 0-3 мм и кокс КНР	Концентрат менее 0,074 мм и кокс КНР
	Степень восстановления	
10	32,2	56,9
20	41,2	63,0
30	54,7	60,1
60	56,7	58,3
90	55,5	61,0
120	56,7	55,1

На рисунке 2 представлена зависимость степени восстановления хрома от фракции хромородного концентрата (Cr_2O_3 – 52,8 %) при температуре 1500 °C с изменением времени выдержки при использовании кокса КНР. Зависимости

по характеру такие же, как при температуре 1450 °C. Необходимо отдать предпочтение молотому материалу для улучшения восстановительных процессов.

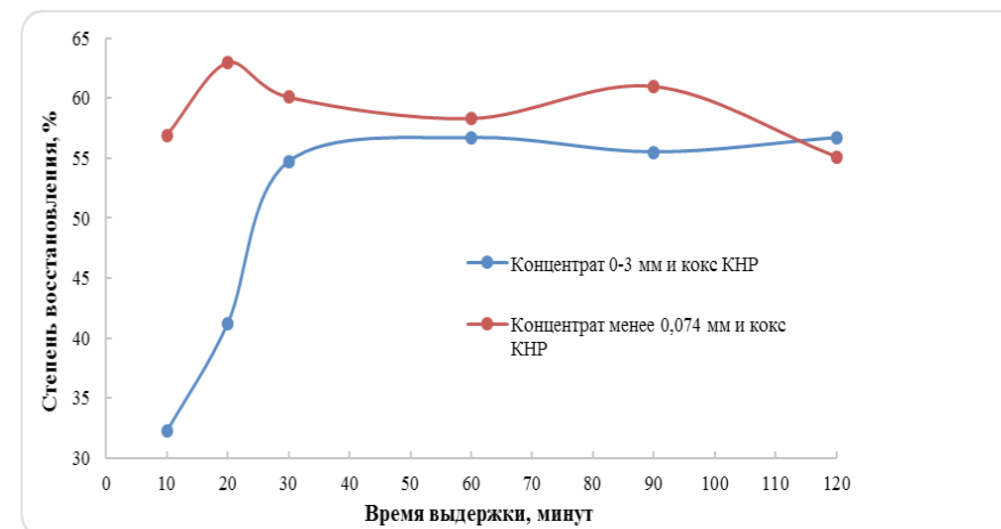


Рисунок 2 – Зависимость степени восстановления хрома от фракции хромородного концентрата (Cr_2O_3 – 52,8 %) при температуре 1500 °C с изменением времени выдержки при использовании кокса КНР

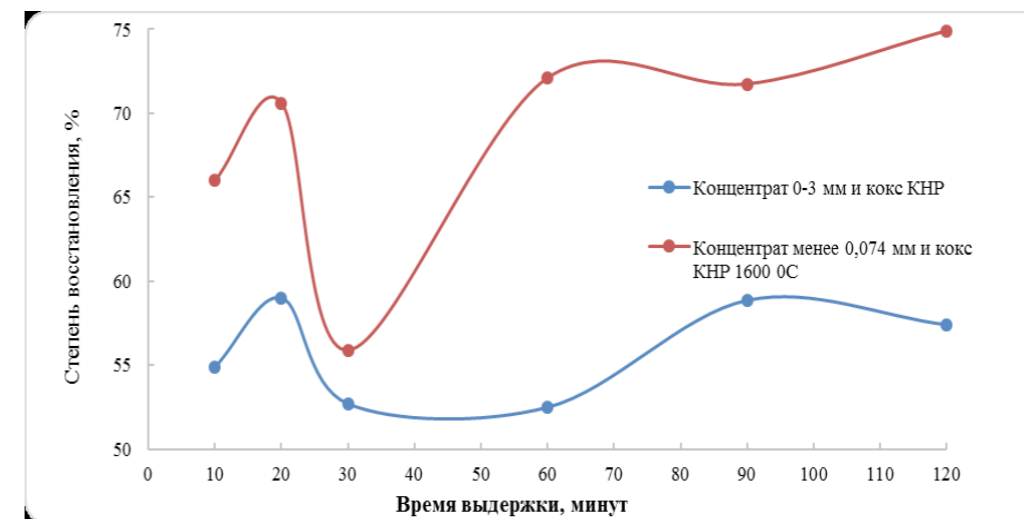


Рисунок 3 – Зависимость степени восстановления хрома от фракции хромородного концентрата (Cr_2O_3 – 52,8 %) при температуре 1600 °C с изменением времени выдержки при использовании кокса КНР

На рисунке 3 показаны зависимости степени восстановления хрома от фракции хромородного концентрата (Cr_2O_3 – 52,8 %) при температуре 1600 °C с изменением времени выдержки при использовании кокса КНР. Преимущества молотого концентрата для обоих восстановителей не вызывает сомнений. На рисунке 4 и таблице 10 показаны зависимости степени восстановления хрома для концентрата

фракции менее 0,074 мм от температуры и времени выдержки. Эти зависимости подтверждают преимущества кокса КНР.

Таблица 10 – Влияние температуры и времени выдержки на степень восстановления хрома для концентрата фракции менее 0,074 мм при разных типах восстановителя, %

Время выдержки, минут	Концентрат менее 0,074 мм и кокс КНР		
	Степень восстановления		
	1450 °С	1500 °С	1600 °С
10	36,3	56,9	66,0
20	54,7	63,0	70,6
30	60,1	60,1	55,9
60	60,1	58,3	72,1
90	53,4	61,0	71,7
120	59,2	55,1	74,9

В целом, при температуре 1600 °С преимущества коксом КНР проявляются более рельефно.

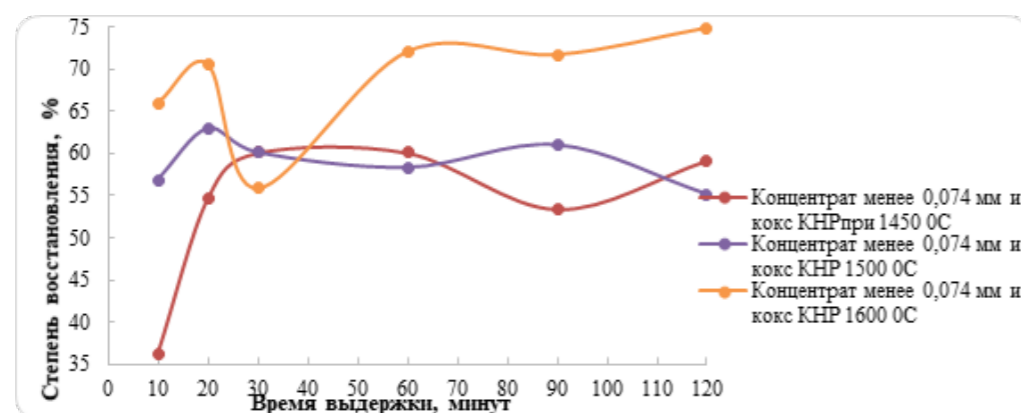


Рисунок 4 – Зависимость степени восстановления хрома для концентрата фракции менее 0,074 мм от температуры и времени выдержки при разных типах восстановителя

Выводы

1 Целесообразно применять концентрат и кокс КНР в молотом состоянии до фракции менее 0,074 мм;

2 Оптимальная температура восстановления 1600 °С с использованием кокса КНР с выдержкой около 60 минут. При этих параметрах достигается максимальная степень восстановления хрома, равной 72,1 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Топильский, С. П., Козин А. И., Есаулов, С. Н.** Исследования процессов металлизации хромитовых окатышей / Проблемы научно-технического прогресса электротермии неорганических материалов: тезисы докл. конф. – Днепропетровск : ДМетИ, 1989. – 55 с.

2 **Кудрявцев, В. С.** Фазовые превращения при восстановлении хромитоугольных окатышей // *Металлы*. – 1975. – № 6. – С. 3–9.

3 **Кадарметов, Х. Н., Поволоцкий, В. Д.** Образование зародышей металла и шлака при твердофазном углетермическом восстановлении хромовых руд // *Металлы*. – 1987. – № 3. – С. 19–21.

4 **Невраева, К. И., Пашкеев, И. Ю., Михайлов, Г. Г.** Исследование углетермического твердофазного восстановления хромовых руд массива Рай-Из // *Сталь*. – 2009. – № 3. – С. 35–37.

5 **Жучков, В. И.** Окускование хромсодержащего сырья // *Электротехнология*. – 2003. – № 9. – С. 35–42.

6 **Жучков, В. И.** Методы окускования хромитовых руд // *Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья* : тр. конф. – Екатеринбург, 2003. – С. 266–269.

7 **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.

8 **Shabanov, E., Izbembetov, D. D., Baisanov, S. O., Shadiev, M. F.** Technology for the production of high-carbon ferrochromium using mono-briquettes / *Izvestiya Ferrous Metallurgy*. – 2018. – 9. – P. 702–707.

9 **Koryakova, O. F.** Preparation of manganese ores for smelting in powerful closed electric furnaces / *Ferrous metallurgy. Bulletin of Chermetinformation*. – 1985. – 14. – P. 3–16.

10 **Samuratov, Ye., Kelamanov, B., Akuov, A., Zhumagaliyev, Ye., Akhmetova, M.** Smelting standard grades of Manganese ferroalloys from agglomerated thermo-magnetic manganese concentrates, *Metallurgija* 59 (2020) 1, P. 85–88.

REFERENCES

1 **Topilski, S. P., Kozin, A. I., Esaulkov, S. N.** Issledovania processov metallizacii hromitovyh okatyshei [Studies of metallization processes of chromite pellets] / Problems of scientific and technological progress of electrothermia of inorganic materials : theses of reports of the conference – Dnepropetrovsk : DMetI, 1989. – 55 p.

2 **Kudryavcev, V. S.** Fazovye prevrascheniya pri vostonovlenii hromitougolnyh okatyshei [Phase transformations during reduction of chromite pellets] // *Metals*. – 1975. – № 6. – P. 3–9.

3 **Kadarmetov, H. N., Povolockii, V. D.** Obrazovanie zarodyshei metalla i shlaka pri tverdogfaznom ugletermicheskom vostonovlenii xromovyh rud [Metal and

Slag Nucleation during Solid-phase Carbonothermic Reduction of Chromium Ores] // Metals. – 1987. – № 3. – P. 19–21.

4 **Nevraeva, K. I., Pashkeev, I. U., Mihailov, G. G.** Issledovanie ugletmicheskogo tverdogaznogo vosstanovleniya hromovyh rud massiva Rai-Iz [Investigation of the carbon-thermal solid-phase reduction of chromium ores of the Rai-Iz massif] // Steel. – 2009. – №. 3 – P. 35–37.

5 **Zhuchkov, V. I.** Okuskovanie hromsoderzhashego syria [Pelletizing of chrome-containing raw materials] // Electrometallurgy. – 2003. – № 9. – P. 35–42.

6 **Zhuchkov, V. I.** Metody okuskovania hromitovyh rud [Methods of chromite ore pelletizing] // Scientific bases and practice of ore and technogenic raw material processing : proc. of the conference – Yekaterinburg, 2003. – P. 266–269.

7 **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.

8 **Shabanov, E., Izbembetov, D. D., Baisanov, S. O., Shadiev, M. F.** Technology for the production of high-carbon ferrochromium using mono-briquettes // Izvestiya Ferrous Metallurgy. – (2018) 9, 702–707).

9 **Koryakova, O. F.** Preparation of manganese ores for smelting in powerful closed electric furnaces // Ferrous metallurgy. Bulletin of Chermetinformat. – 1985. – 14. – P. 3–16.

10 **Samuratov, Ye., Kelamanov, B., Akuov, A., Zhumagaliyev, Ye., Akhmetova, M.** Smelting standard grades of Manganese ferroalloys from agglomerated thermo-magnetic manganese concentrates // Metallurgija 59. – 2020. – 1. – P. 85–88.

Материал поступил в редакцию 12.12.22

Е. Көбеген¹, * Д. А. Есенғалиев², Б. С. Келаманов³

^{1,2,3}Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті,

Қазақстан Республикасы, Ақтөбе қ.

Материал 24.11.22. баспаға түсті

ҚХР КОКСЫН ҚАЛПЫНА КЕЛТІРУ ҮШІН ХРОМ КЕНІН ЖОҒАРЫ ТЕМПЕРАТУРАЛЫ ҚАТТЫ ФАЗАЛЫ ҚАЛПЫНА КЕЛТІРУ ПРОЦЕСТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Оксидтерден элементтердің тотықсыздануы металлургиялық процестердің ең көп таралған және күрделі түрлерінің бірі болып табылады. Кен шикізатын өңдеудің жаңа тиімді технологияларын қарқындату және құру көбінесе осы процестерді түсіну тереңдігіне байланысты.

Термодинамика, кинетика және құрамында хром бар материалдардан элементтерді қалпына келтіру механизмі бойынша жұмыстардың едәуір санын таныстыру және талдау зерттеушілердің бұл мәселелер бойынша әртүрлі көзқарастары бар екенін көрсетті. Хромит кендерінен хром мен темірді қатты көміртекті тотықсыздандырығышпен қалпына келтірудің ең

ықтимал механизмі тұрақсыз газ тәрізді бөлшектерді қамтитын газ фазалы-қатты фазалы схемамен сипатталады.

Мақала Қытай Халық Республикасының (ҚХР) коксын қалпына келтіру үшін хром кенін қатты фазалы қалпына келтіру процестерін зерттеуге арналған. Жұмыста зертханалық зерттеулер жүргізу әдістемесінің сипаттамасы, шихта материалдарының есебі және зерттеу нәтижелері келтіріледі. 1450 °C, 1500 °C және 1600 °C температурада хром концентратынан (Cr₂O₃ – 52,8 %) хромның қатты фазалы тотықсыздану нәтижелері ұсынылған. Мақала материалдарын феррохром өндіру технологиясын жақсарту процестерімен айналысатын Металлург-инженерлер мен ғылыми қызметкерлер пайдалана алады.

Кілтті сөздер: хром кені, тотықсыздану, хром концентраты, тотықсыздану дәрежесі, феррохром.

Е. Кобеген¹, * Д. А. Есенғалиев², Б. С. Келаманов³.

^{1,2,3}Aktobe Regional University named after K. Zhubanov,

Republic of Kazakhstan, Aktobe.

Material received on 24.11.22.

STUDIES OF THE PROCESSES OF HIGH-TEMPERATURE SOLID-PHASE REDUCTION OF CHROMIUM ORE USING THE PRC COKE RECOVERY

The reduction of elements from oxides is one of the most common and complex types of metallurgical processes. The intensification and creation of new efficient technologies for processing ore raw materials largely depend on the depth of understanding of these processes.

Acquaintance and analysis of a significant number of works on thermodynamics, kinetics and the mechanism of recovery of elements from chromium-containing materials have shown that researchers have different views on these issues. The most probable mechanism for the reduction of chromium and iron from chromite ores by a solid carbon reducing agent is described by a gas-phase-solid-phase scheme involving unstable gaseous particles.

The article is devoted to the study of the processes of solid-phase reduction of chromium ore using coke recovery of the People's Republic of China (PRC). The paper describes the methodology of laboratory research, calculation of charge materials and research results. The results of solid-phase reduction of chromium from chromium ore concentrate (Cr₂O₃ – 52.8 %) at temperatures of 1450 °C, 1500 °C and 1600 °C. are presented. Data on the effect of exposure time on the degree of chromium recovery are presented. The materials of the article can be used by metallurgical engineers and scientists involved in the processes of improving the production technology of ferrochrome.

Keywords: chrome ore, reduction, chrome concentrate, degree of reduction, ferrochrome.

<https://doi.org/10.48081/KOZV9746>

А. Б. Куандықов¹, А. Г. Бакиров², А. К. Жунусов³, * П. О. Быков⁴.

^{1,2,3,4}Торайғыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

ЗЕРНИСТЫЕ ФИЛЬТРЫ ИЗ ЗОЛ ЭКИБАСТУЗСКИХ УГЛЕЙ ДЛЯ РАФИНИРОВАНИЯ ПЕРВИЧНОГО АЛЮМИНИЯ

В последние годы наметилась тенденция вовлечения в электролизное производство алюминия менее качественных источников сырья для производства анодов, что приводит к загрязнению металла примесями тяжелых цветных металлов (в частности ванадия).

Исследования посвящены удалению образующихся при обработке алюминия-сырца флюсом на основе борной кислоты (H_3BO_3) интерметаллидов из расплава за счет фильтрационного рафинирования.

При разработке способов фильтрационного рафинирования основными вопросами являются выбор метода рафинирования и материалов для изготовления фильтра.

Для удаления мелких включений, учитывая большой объем металла при электролизном производстве алюминия (до 8 тонн в каждом вакуум-ковше) наиболее эффективно с экономической точки зрения использовать насыпные зернистые фильтры.

В качестве материала для изготовления зерен фильтра использовалась зола Экибастузского угля, состоящая в основном SiO_2 и Al_2O_3 .

Полученные образцы алюминия анализировались на растровом электронном микроскопе фирмы JEOL с системой микроанализа INCA Energy.

Экспериментальные исследования показали возможность использования золы Экибастузских углей для изготовления гранул насыпных фильтров для рафинирования алюминия-сырца.

Детальные исследования на растровом электронном микроскопе фирмы JEOL с системой микроанализа INCA Energy показали возможность удаления примесей цветных металлов и в первую очередь ванадия.

Ключевые слова: алюминий, рафинирование, примеси, фильтр, зола.

Введение

В последние годы наметилась тенденция вовлечения в электролизное производство алюминия менее качественных источников сырья для производства анодов, что приводит к загрязнению металла примесями тяжелых цветных металлов (в частности ванадия) [1–3]. Как известно [3–5] ванадий при концентрации около 2 ppm снижает электропроводность алюминия в 2 раза.

В Казахстане для производства обожженных анодов алюминиевых электролизеров частично используется местный кокс ТОО «УПНК-ПВ» (Павлодар, Республика Казахстан) с повышенным содержанием ванадия и других примесей.

В ряде работ [4–6] предложены способы рафинирования первичного алюминия от примесей ванадия, которые не нашли широкого промышленного применения.

В работе [7] авторами исследована технология рафинирования первичного алюминия от примесей ванадия борсодержащей лигатурой Al-B вне электролизной ванны. Исследования показали [7]:

– снижение содержания ванадия в среднем на 78 % в основной массе металла, при увеличении его содержания в нижней части ковша (объем до 5–10 % от емкости ковша);

– перевод значительного количества ванадия в интерметаллид;

– сложность в разделении интерметаллидов ванадия размером около 10 мкм и рафинированного алюминия в ковше традиционными методами (отстаивание в течение 4–7 часов не дало положительного результата).

Дальнейшие исследования посвящены удалению образующихся интерметаллидов из расплава за счет фильтрационного рафинирования.

Материалы и методы

При разработке способов фильтрационного рафинирования основными вопросами являются выбор метода рафинирования и материалов для изготовления фильтра.

Все методы фильтрационного рафинирования подразделяются [8–12]:

1 по месту применения: внеформенные, внутриформенные фильтры;

2 по механизму отделения неметаллических включений: сетчатый, на кеке, глубинный, адсорбционно-химический;

3 по форме применяемого каркаса фильтра: сетка, зерна, жидкие флюсы, пенокерамика, огнеупор с прямыми каналами;

4 по активности материала фильтра: нейтральные, активные;

5 по агрегатному состоянию: жидкие, твердые;

6 по совместному применению с другими способами рафинирования: фильтрация + вибрация, фильтрация + дегазация продувкой газами, фильтрация + обработка флюсами; фильтрация + электромагнитное воздействие.

Фильтрование имеет ряд особенностей [8–12]:

– рафинированию подвергается последовательно весь объем жидкого металла, а сам процесс может быть осуществлен непосредственно при разливе расплава из печи в ковш или литейную форму;

– сравнительная простота технологического процесса;

– легко вписывается в действующий на производстве технологический процесс.

Существует две принципиальные схемы процесса фильтрационного рафинирования металлов – это фильтрование через плоские и объемные фильтры [11].

Конструктивно фильтры можно разделить на следующие типы [8–14]: пластинчатые каналные; пластинчатые ячеистые; сетчатые; воронкообразные; пенокерамические; насыпные зернистые (кусковые).

Анализ научно-технической информации показывает, что для удаления мелких включений необходимо применение объемных фильтров. Учитывая большой объем металла при электролизном производстве алюминия (до 8 тонн в каждом вакуум-ковше) наиболее эффективно с экономической точки зрения использовать насыпные зернистые фильтры.

Обзор литературы показал [8–14], что основными материалами фильтров, являются следующие:

- 1) на основе оксидов: корунд, глинозем, шамот, магнезит, алунит, окись циркония, базальт, конверторный шлак;
- 2) на основе графита: графитовый бой тиглей, текстурированные графитовые волокна;
- 3) на основе стекловолокна: сетки плетенные и спрессованные;
- 4) известняк;
- 5) на основе солей: флюсы твердые (52,7 % CaF₂ + 47,3 % NaF; 51,0 % MgF₂ + 49 % NaF; 66 % NaCl + 34 % NaF; 60 % Na₃AlF₆ + 40 % NaF) и жидкие.

Отличительной особенностью зернистых фильтров является большая поверхность контакта с металлическим расплавом в процессе фильтрации и наличие длинных, тонких и извилистых межзеренных каналов переменного сечения [8–14]. Решающую роль в отделении крупных включений и плен в данном случае принадлежит механическим процессам, а в отделении тонкодисперсных включений – адгезионным, проходящим по всей глубине фильтра и называемым «глубинной» фильтрацией.

Эти процессы имеют место одновременно, но в зависимости от характера течения, отношения размера ячейки фильтра к размеру включения, природы материала фильтра, характеризующей взаимодействие его с расплавом и включениями, преобладающим можно считать лишь один из них.

Наиболее поздние работы ученых МИСиС в частности в трудах Тен Э. Б. был предложен реакционно-кристаллизационный механизм (РКМ), при котором расплав фильтруется от растворенной части примеси [15]. Термодинамической предпосылкой для этого является неравновесное состояние расплава по отношению к реакции образования фаз.

Схема РКМ включает в себя следующие стадии [15]:

- доставка удаляемой примеси к поверхности фильтра и связывающего его компонента (I);
- адсорбции их на поверхности фильтра (II) и химической реакции между ними;
- выделения неметаллической фазы, которая может накапливаться на поверхности либо удаляться путем впитывания в поры фильтра (III).

Разработана количественная модель для описания эффективности фильтрационного рафинирования жидких расплавов, учитывающая все

рафинирующие эффекты – сеточный, адгезионный и РКМ. Суммарный коэффициент осаждения равен [15]:

$$\eta = 1 - [(C_{k(p)} / C_{0(p)})(m / (1 + m))] - [(C_{k(xc)} / C_{0(xc)})(1 / (1 + m))] \quad (1)$$

где $m = C_{0(p)} / C_{0(xc)}$

$C_{0(p)}$ и $C_{0(xc)}$ – соответственно содержание растворенной и химически связанной частей удаляемой примеси в нефилтрованном расплаве, %;

$C_{k(p)}$ и $C_{k(xc)}$ – соответственно содержание растворенной и химически связанной частей удаляемой примеси в филтрованном расплаве, %.

В работе был рассмотрен процесс фильтрационного рафинирования жидкого алюминия-сырца после флюсовой обработки борной кислотой (H₃BO₃). В процессе рафинирования образуются интерметаллиды VB2 размером около 10 мкм. Плотность диборида ванадия составляет 5,10 г/см³, что в 2 раза больше чем у алюминия (2,69 г/см³), при температурах близких к температуре плавления алюминия VB2 находится в твердом виде.

С учетом большого объема металла при электролизе алюминия в качестве фильтра был выбран насыпной объемный фильтр с гранулами размером 15 – 25 мм.

В качестве материала для изготовления зерен фильтра использовалась зола Экибастузского угля, состоящая в основном SiO₂ и Al₂O₃ (таблица 1 и 2).

Таблица 1 – Химический состав зол Экибастузских углей, %

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	TiO ₂	CaO	MgO	SO ₃	п.п.п.	гигр. вода	CO ₂	≤ SiO ₂
46,7	25,2	6,58	0,66	1,28	7,66	3,1	1,26	3,41	0,57	3,96	26,7

Таблица 2 – Фазово-минералогический состав зол Экибастузских углей, мас. % (усредненный)

Стеклофаза	Аморфизованное глинистое вещество	Оксиды железа	Полевой шпат, кварц, пироксен	Корунд, муллит, кристобалит	Кальцит	Углистые частицы
30	25	9	10	7	8	11

Химический состав алюминия-сырца приведен в таблице 3. Химический состав алюминия-сырца определялся на оптико-эмиссионном спектрометре ДФС-500.

Таблица 3 – Химический состав первичного алюминия до рафинирования, %

Al	Si	Fe	Cu	Mn
96,1299	3,2557	0,4105	0,0071	0,0032
Mg	Ni	Cr	Ti	V
0,0239	0,0115	0,001	0,0323	0,0132

Выплавка и флюсовое рафинирования алюминия-сырца борной кислотой проводилось аналогично работе [7].

Фильтрационное рафинирование осуществлялось на экспериментальной установке (рисунок 1), которая состояла из фильтрующего блока 1, зёрен фильтра 2 и формы 3, в нижней части располагалось отверстие для истечения профильтрованного металла в ковш, которое закрывалось огнеупорной сеткой.

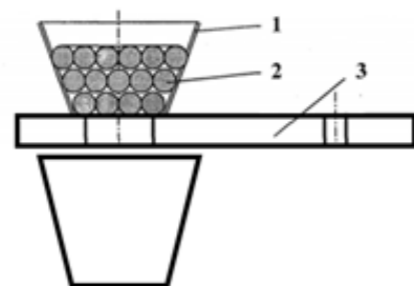


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки

Полученные образцы (рисунок 2) анализировались на растровом электронном микроскопе фирмы JEOL с системой микроанализа INCA Energy.



Рисунок 2 – Образцы профильтрованного алюминия-сырца

Результаты и обсуждение

На рисунке 3 и в таблице 4 представлены результаты исследования алюминия после рафинирования борной кислотой H_3BO_3 , на рисунке 4 и таблице 5 после фильтрации через зернистый фильтр.

Таблица 4 – Характеристика химических элементов по результатам растровой электронной микроскопии образца алюминия-сырца после флюсового рафинирования, %

Спектр	В стат.	O	Al	Si
Спектр 1	Да	51,77	47,50	-
Спектр 2	Да	52,21	47,79	-
Спектр 3	Да	11,59	77,31	0,83
Макс.		52,21	77,31	0,83
Мин.		11,59	47,50	0,83
Спектр	V	Cr	Fe	Итог
Спектр 1	-	-	0,73	100,00
Спектр 2	-	-	-	100,00
Спектр 3	-	-	8,65	100,00

Макс.	-	-	8,65	
Мин.	-	-	0,73	

Рисунок 3 – Результаты растровой электронной микроскопии образца алюминия-сырца после флюсового рафинирования

Таблица 5 – Характеристика химических элементов по результатам растровой электронной микроскопии образца алюминия-сырца после фильтрационного рафинирования, %

Спектр	В стат.	O	Al	Si
Спектр 1	Да	35,45	49,41	11,70
Спектр 2	Да	48,96	25,13	6,51
Спектр 3	Да	7,33	23,59	69,08
Спектр 4	Да	6,27	91,18	1,74
Макс.		48,96	91,18	69,08
Мин.		6,27	23,59	1,74
Спектр	V	Ca	Fe	Итог
Спектр 1	-	3,44	-	100,00
Спектр 2	-	19,40	-	100,00
Спектр 3	-	-	-	100,00
Спектр 4	-	-	0,81	100,00
Макс.	-	19,40	0,81	
Мин.	-	3,44	0,81	

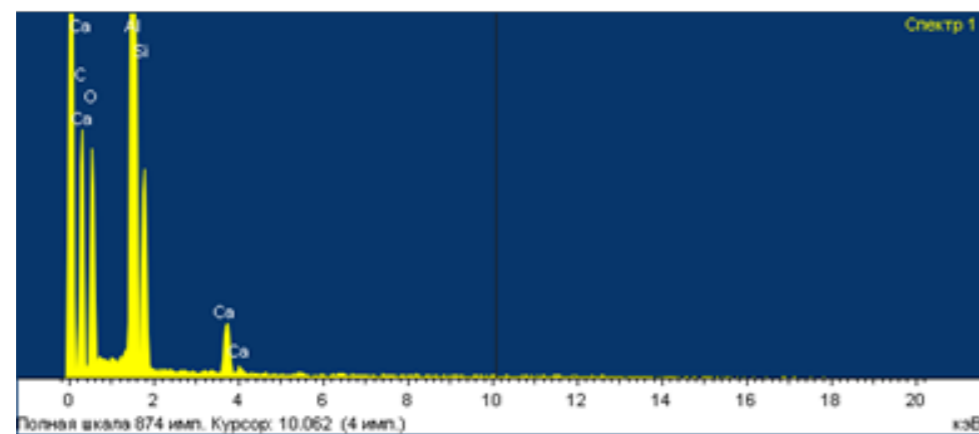
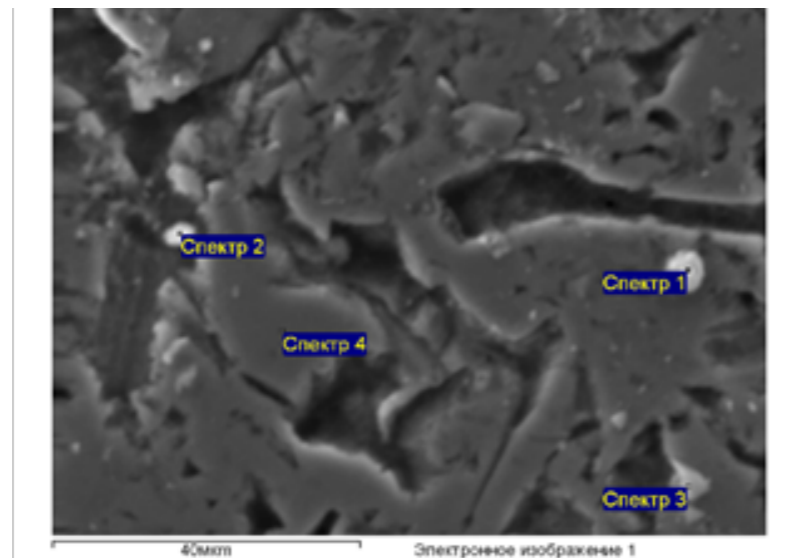


Рисунок 4 – Результаты растровой электронной микроскопии образца алюминия-сырца после фильтрационного рафинирования

Выводы

1 Экспериментальные исследования показали возможность использования золы Экибастузских углей для изготовления гранул насыпных фильтров для рафинирования алюминия-сырца.

2 Детальные исследования на растровом электронном микроскопе фирмы JEOL с системой микроанализа INCA Energy показали возможность удаления примесей цветных металлов и в первую очередь ванадия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Ибрагимов, А. Т.** Электроталлургия алюминия. Казахстанский электролизный завод / А. Т. Ибрагимов, Р. В. Пак. – Павлодар : Дом печати, 2009. – 263 с.

2 **Gorlanov, E. S., Batrachenko, A. A., Smailov, B. S., Morozov, A. Y.** Role of Vanadium in Aluminum Electrolyzer Melts // Metallurgist. – Vol. 62(9–10). – (2019) 1048–1053.

3 **Gorlanov E. S., Batrachenko A. A., Smailov B. S., Skvortsov A. P.** Testing Baked Anodes with an Increased Vanadium Content // Metallurgist. – Vol. 62(1–2). – (2018) 62–69 p.

4 **Khaliq, A., Rhamdhani, M. A., Brooks, G. A., Grandfield, J. F.** Removal of Vanadium from Molten Aluminum–Part I. Analysis of VB₂ Formation, Metallurgical and Materials Transactions B Volume 45. – DOI <https://doi.org/10.1007/s11663-013-9974-x>. – 2014. – P. 752–768 p.

5 **Khaliq, A., Rhamdhani, M. A., Brooks, G. A., Grandfield, J. F.** Removal of Vanadium from Molten Aluminum–Part II. Kinetic Analysis and Mechanism of VB₂ Formation, Metallurgical and Materials Transactions B. – DOI: 10.1007/s11663-013-9975-9. – 2013. – 769–783 p.

6 **Khaliq, A., Rhamdhani, M. A., Brooks, G. A., Grandfield, J. F.** Removal of Vanadium from Molten Aluminum–Part III. Analysis of Industrial Boron Treatment Practice, // Metallurgical and Materials Transactions B. – DOI: 10.1007/s11663-013-9975-9. – 2013. – P 769–783 p.

7 **Bykov, P. O., Kuandykov, A. B., Zhunusov, A. K.** Refining of Primary Aluminum from Vanadium // Defect and Diffusion Forum. – 2021. – 410DDF. – P. 405–410 p.

8 **Shipilov, S. E., Ten, E. B., Zholdubayeva, Z. D., Shipilova, S. S., Yurchenko E. V.** Refining of metal melts by filtration method // Metalurgija. – Vol. 58. – Issue 3–4. – 2019. – P. 303–306 p.

9 **Shayakhmetov, B. K., Kimanov, B. M., Ten, E. B., Zholdubayeva, Z. D., Issagulova, D. A.** Gravimetric and dilatometric research of elements action on three dimensional filter by thermal effects // Metalurgija // – 53(1). – 2014. – P. 44–66 p.

10 **Ten, E. B., Kimanov, B. M., Rakhuba, E. M.** Deposition of nonmetallic phases at filter surfaces // Steel in Translation. – 42(5). – 2012. – P. 411–414.

11 **Мухин, А. Г.** Повышение эффективности рафинирования силуминов при технологических переливах через зернистые фильтры : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.04 – Литейное производство. – Нижний Новгород : Нижегородский государственный технический университет, 2002. – 204 с.

12 **Bao, S.** Filtration of Aluminium-Experiments, Wetting and Modelling : Thesis for the degree of Philosophiae Doctor. – Trondheim : Norwegian University of Science and Technology, 2011. – 218 p.

13 **Суяндиков, М. М.** Физическая и математическая модели процесса фильтрования металла в литниковой системе, конструкция и расчет для чугунных отливок : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – М. : Московский автомеханический институт, 1989. – 197 с.

14 **Киманов, Б. М.** Разработка научных основ и технологии фильтрационного рафинирования черных и цветных металлов и сплавов : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. – Караганда : Химико-металлургический институт им. Ж.Абишева, 2010. – 320 с.

15 **Тен, Э. Б.** Рафинирование металлических расплавов фильтрованием // Черная металлургия: Бюл. НТИ // Черметинформация. – 1991. – № 3. – С. 63–65.

REFERENCES

1 **Ibragimov, A. T.** E`lektrometallurgiya alyuminiya. Kazaxstanskij e`lektrolizny`j zavod [Aluminum electrometallurgy. Kazakhstan electrolysis plant] A. T. Ibragimov, R. V. Pak. – Pavlodar : House of the press, 2009. – 263 p.

2 **Gorlanov, E. S., Batrachenko, A. A., Smailov, B. S., Morozov, A. Y.** Role of Vanadium in Aluminum Electrolyzer Melts, // Metallurgist. – Vol. 62(9–10). – 2019. – P. 1048–1053.

3 **Gorlanov, E. S., Batrachenko, A. A., Smailov, B. S., Skvortsov, A. P.** Testing Baked Anodes with an Increased Vanadium Content // Metallurgist. – Vol. 62(1–2). – 2018. – P. 62–69.

4 **Khaliq, A., Rhamdhani, M. A., Brooks, G. A., Grandfield, J. F.** Removal of Vanadium from Molten Aluminum-Part I. Analysis of VB₂ Formation, Metallurgical and Materials Transactions B. – Volume 45 – DOI <https://doi.org/10.1007/s11663-013-9974-x>. – 2014. – P. 752–768.

5 **Khaliq, A., Rhamdhani, M. A., Brooks, G. A., Grandfield, J. F.** Removal of Vanadium from Molten Aluminum-Part II. Kinetic Analysis and Mechanism of VB₂ Formation, Metallurgical and Materials Transactions B. – DOI: 10.1007/s11663-013-9975-9. – 2013. – P. 769–783.

6 **Khaliq, A., Rhamdhani, M. A., Brooks, G. A., Grandfield, J. F.** Removal of Vanadium from Molten Aluminum-Part III. Analysis of Industrial Boron Treatment Practice, Metallurgical and Materials Transactions B. – DOI: 10.1007/s11663-013-9975-9. – 2013. – P. 769–783.

7 **Bykov, P. O., Kuandykov, A. B., Zhunusov, A. K.** Refining of Primary Aluminum from Vanadium // Defect and Diffusion Forum. – 2021. – 410DDF. – P. 405–410.

8 **Shipilov, S. E., Ten, E. B., Zholdubayeva, Z. D., Shipilova, S. S., Yurchenko E. V.** Refining of metal melts by filtration method // Metalurgija. – Volume 58,. – Issue 3–4. – 2019. – P. 303–306.

9 **Shayakhmetov, B. K., Kimanov, B. M., Ten, E. B., Zholdubayeva, Z. D., Issagulova, D. A.** Gravimetric and dilatometric research of elements action on three dimensional filter by thermal effects // Metalurgija. – 53(1). – 2014. – P. 44–66.

10 **Ten, E. B., Kimanov, B. M., Rakhuba, E. M.** Deposition of nonmetallic phases at filter surfaces // Steel in Translation. – 42(5). – 2012. – P. 411–414.

11 **Muhin, A. G.** Povyshenie effektivnosti rafinirovaniya siluminov pri tehnologicheskikh perelivah cherez zernistyie filtry : dissertacia na soiskanie uchenoi

stepeni kandidata tehniceskikh nauk po specialnosti 05.16.04 – Liteinoe proizvodstvo. [Increase of efficiency of silumin refining at technological overflow through granular filters : thesis for the degree of candidate of technical sciences on specialty 05.16.04 – Foundry engineering]. – Nizhniy Novgorod : Nizhniy Novgorod State Technical University, 2002. – 204 p.

12 **Bao, S.** Filtration of Aluminium-Experiments, Wetting and Modelling : Thesis for the degree of Philosophiae Doctor. – Trondheim : Norwegian University of Science and Technology, 2011. – 218 p.

13 **Suyundikov, M. M.** Fizicheskaya i matematicheskaya modeli processa filtrovaniya metalla v litnikovoi sisteme, konstrukcia i raschet dlya chugunnyh otlivok : dissertacia na soiskanie uchenoi stepeni kandidata tehniceskikh nauk [Physical and mathematical models of the metal filtering process in the gating system, design and calculation for iron castings : PhD thesis]. – Moscow : Moscow Automechanical Institute., 1989. – 197 p.

14 **Kimanov, B. M.** Razrabotka nauchykh osnov i tehnologii filtracionnogo rafinirovaniya chernykh i cvetnykh metallov i splavov : dissertacia na soiskanie uchenoi stepeni doktora tehniceskikh nauk [Development of scientific bases and technology of filtration refining of ferrous and non-ferrous metals and alloys : thesis for the degree of Doctor of Technical Sciences] – Karaganda : Chemical and Metallurgical Institute. Zh Abishev, 2010. – 320 p.

15 **Ten, E. B.** Rafinirivanie metallicheskih rasplavov filtrovaniem [Refining of metallic melts by filtration] // Ferrous Metallurgy : Bulletin. STI / Chernetinform, 1991. – № 3. – P. 63–65.

Material received on 21.11.22.

*А. Б. Куандыков¹, А. Г. Бакиров², А. К. Жунусов³, *П. О. Быков⁴.*

^{1,2,3,4}Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

Материал баспаға түсті 21.11.22.

БАСТАПҚЫ АЛЮМИНИЙДІ ТАЗАРТУҒА АРНАЛҒАН ЕКІБАСТҮЗ КӨМІРІНІҢ КҮЛІНЕН ЖАСАЛҒАН ТҮЙІРШІКТІ СҮЗГІЛЕР

Соңғы жылдары электролиз өндірісіне анодтарды өндіру үшін шикізаттың сапасыз көздерін тарту үрдісі байқалды, бұл металдың ауыр түсті металдардың (атап айтқанда ванадийдің)қоспаларымен ластануына әкеледі.

Зерттеулер фильтрациялық тазарту арқылы балқымадан шикі алюминийді бор қышқылы (H₃BO₃) негізіндегі ағынмен өңдеу кезінде пайда болатын металлдетерді жоюға бағытталған.

Сүзгіден тазарту әдістерін әзірлеу кезінде негізгі мәселелер сүзгі жасау үшін тазарту әдісі мен материалдарын таңдау болып табылады.

Алюминийдің электролиз өндірісінде металдың үлкен көлемін ескере отырып, ұсақ қоспаларды кетіру үшін (әр вакуумдық шелекте 8 тоннаға дейін) экономикалық тұрғыдан сусымалы түйіршікті сүзгілерді қолдану тиімді.

Сүзгі дәндерін жасау үшін материал ретінде негізінен SiO_2 және Al_2O_3 тұратын Екібастұз көмірінің күлі пайдаланылды.

Алынған алюминий үлгілері Inca energy микроанализ жүйесі бар JEOL фирмасының растрлық электронды микроскопында талданды.

Эксперименттік зерттеулер шикізат алюминийін тазартуға арналған сусымалы сүзгілердің түйіршіктерін жасау үшін Екібастұз көмірінің күлін пайдалану мүмкіндігін көрсетті.

Inca energy микроанализ жүйесі бар JEOL фирмасының растрлық электронды микроскопындағы егжей тегжейлі зерттеулер түсті металдар мен ең алдымен ванадий қоспаларын кетіру мүмкіндігін көрсетті.

Кілтті сөздер: алюминий, тазарту, қоспалар, сүзгі, күл.

A. B. Kuandykov¹, A. G. Bakirov², A. K. Zhunusov³, *P. O. Vykov⁴.

^{1,2,3,4}Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar

Material received on 21.11.22.

GRANULAR FILTERS FROM EKIBASTUZ COAL ASH FOR REFINING PRIMARY ALUMINUM

In recent years, there has been a tendency to involve less qualitative sources of raw materials for the production of anodes in the electrolysis production of aluminum, which leads to contamination of the metal with impurities of heavy non-ferrous metals (in particular vanadium).

The research is devoted to the removal of intermetallides formed during the processing of raw aluminum with boric acid-based flux (H_3BO_3) from the melt due to filtration refining.

When developing filtration refining methods, the main issues are the choice of the refining method and materials for the manufacture of the filter.

To remove small inclusions, taking into account the large volume of metal in the electrolysis production of aluminum (up to 8 tons in each vacuum bucket), it is most economically efficient to use bulk granular filters.

The ash of Ekibastuz coal, consisting mainly of SiO_2 and Al_2O_3 , was used as a material for the manufacture of filter grains.

The obtained aluminum samples were analyzed on a JEOL scanning electron microscope with INCA Energy microanalysis system.

Experimental studies have shown the possibility of using the ash of Ekibastuz coals for the manufacture of bulk filter granules for refining raw aluminum.

Detailed studies on a JEOL scanning electron microscope with the INCA Energy microanalysis system have shown the possibility of removing impurities of non-ferrous metals and, first of all, vanadium.

Keywords: aluminum, refining, impurities, filter, ash.

ТРАНСПОРТ

МРНТИ 73.01.77

<https://doi.org/10.48081/ZLIG2142>

**К. К. Абишев¹, *А. Ж. Касенов², Р. Б. Муканов³, Н. С. Сембаев⁴,
А. Д. Сулейменов⁵**

^{1,2,3,4,5}Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МАССЫ ТЯГОВО-ТРАНСПОРТНОЙ МАШИНЫ НА ЕГО ТЯГОВО-СЦЕПНЫЕ КАЧЕСТВА

Данная работа посвящена исследованию влияния конструктивных параметров машины на его эксплуатационные свойства. В данной статье рассматривается влияние массы тягово-транспортной машины на его эксплуатационные качества. Разработана математическая модель взаимодействия резиновой гусеницы с опорным основанием. С целью снижения материальных, временных и ресурсных затрат на проведение экспериментальных исследований и получения данных для математического моделирования взаимодействия гусеничного движителя с грунтом исследования проведены методами физического моделирования. Использован метод разгона-наката модели ходовой системы на горизонтальной поверхности. Предложенный метод дает точность замеров и возможность сравнения разных вариантов моделей в одних параметрах массы и базы. Сущность метода заключается в сообщении модели точно определенного количества энергии, которая обеспечивает разгон модели до определенной скорости. Затем эта скорость гасится за счет потерь в движителе при накате. Эксперименты проводились с использованием универсальной несамостоятельной модели ходовой части гусеничной машины с упругой балансирной подвеской на песке, влажном суглинке и ровной бетонной площадке. В результате проведенных экспериментальных исследований установлено, что каждому виду почвы соответствует свое значение оптимальной массы тягово-транспортной машины.

Ключевые слова: тягово-транспортные машины, ходовая система, физическое моделирование, модель шасси машины, тягово-цепные качества.

Введение

Для эксплуатации в разнообразных условиях созданы тягово-транспортные машины разных типов и конструкций с различными техническими характеристиками. Тип и назначение машины определяют конструкцию его ходовой системы. Тягово-транспортные машины широко используются в сельском хозяйстве, на строительстве шоссейных и железных дорог, на прокладке газонефтепроводов, горнорудной промышленности и при разведке полезных ископаемых [1, 2, 3].

В рамках научно-исследовательской работы коллективом авторов разработаны конструкции ходовых систем тягово-транспортных машин, особенностью которых является то, что они снабжены резиноармированными гусеницами [4, 5].

В работе [6] разработана математическая модель взаимодействия резиновой гусеницы с опорным основанием. Для получения подтверждения результатов теоретических исследований были проведены экспериментальные исследования.

Материалы и методы

Экспериментальные исследования влияния конструктивных параметров тягово-транспортной машины на его эксплуатационные качества требуют больших затрат ресурсов, времени и средств [7, 8, 9]. Поэтому с целью снижения материальных, временных и ресурсных затрат на проведение экспериментальных исследований и получения данных для математического моделирования взаимодействия гусеничного движителя с грунтом предлагается использовать методы физического моделирования [10]. При физическом моделировании грунт оставляют натурным, а машину заменяют моделью, которая имитирует воздействие натурной машины на грунт. При этом происходит изменение масштабов, но сохраняется природа явления. Качественные и количественные связи подобных явлений устанавливается в виде критериальных соотношений [11].

Для проведения экспериментальных исследований использовался метод разгона-наката модели ходовой системы на горизонтальной поверхности, обеспечивающий получение сравнительных данных на твердых и мягких грунтах [12]. Данный метод обеспечивает точность замеров и возможность сравнения различных вариантов моделей в одних параметрах массы и базы.

Для проведения экспериментов на кафедре «Транспортная техника и логистика» НАО «Торайгыров университета» спроектирован и изготовлен стенд для исследования различных типов ходовых систем на несамоходной универсальной модели ходовой части тягово-транспортной машины [13].

Сущность метода заключается в сообщении модели точно определенного количества энергии, которая обеспечивает разгон модели до скорости V . Затем эта скорость гасится за счет потерь в движителе при накате (выбеге).

Практически создание определенной величины энергии можно осуществить, используя потенциальную энергию поднятого груза. Схема проведения эксперимента представлена на рисунке 1.

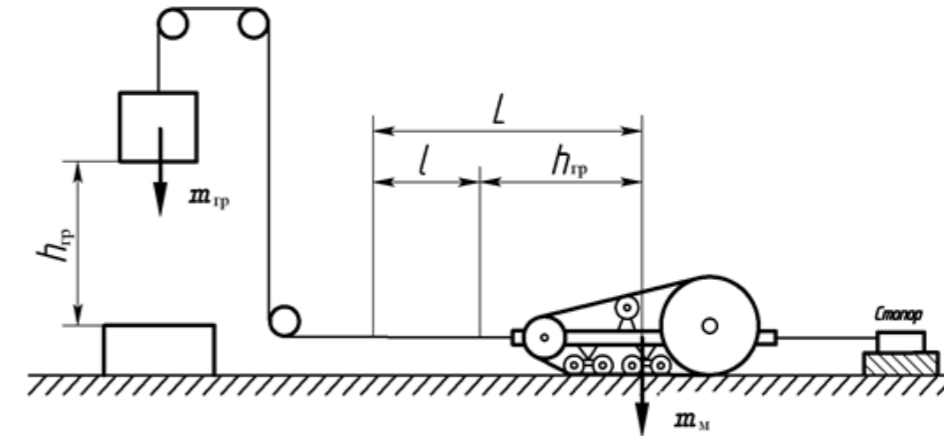


Рисунок 1 – Схема проведения эксперимента методом разгона - наката

Груз массой $m_{гр}$ поднимается на высоту $h_{гр}$ и соединяется тросом через систему блоков с моделью, удерживаемой в исходном положении стопорным устройством. При расстопорении модели под действием груза $m_{гр}$ совершается разгон ее на участке, соответствующим высоте $h_{гр}$ падения груза с последующим выбегом на длину l .

Потенциальная энергия $m_{гр} \cdot h_{гр}$ груза $m_{гр}$ расходуется на:

- а) преодоление сил сопротивления движению на участке $h_{гр}$;
- б) разгон модели до скорости v ;
- в) разгон груза до скорости v ;
- г) потери в блоках.

$$m_{гр} \cdot h_{гр} \cdot \eta_{бл} = F_f \cdot h_{гр} + E_m + E_{гр} \tag{1}$$

где $\eta_{бл}$ – КПД системы блоков, $\eta_{бл} = 0,98$;

F_f – сила сопротивления качению;

E_m – кинетическая энергия модели;

$E_{гр}$ – кинетическая энергия груза.

При остановке груза его энергия тратится на удар, а модель движется дальше за счет приобретенной ею кинетической энергии.

Учитывая, что при равных скоростях энергия пропорциональна массам, получим

$$\frac{E_m}{E_{гр}} = \frac{m_m}{m_{гр}} \tag{2}$$

где m_m – масса модели.

В момент касания груза $m_{гр}$ опорной поверхности кинетическая энергия E системы груз-модель с одной стороны равна сумме кинетической энергии модели

и груза, а с другой – разности между потенциальной энергией груза и работой, затраченной на преодоление сопротивления качению модели на участке $h_{гр}$

$$E = E_m + E_{гр} \quad (3)$$

$$E = m_{гр} \cdot h_{гр} \cdot \eta_{бл} - F_f \cdot h_{гр} \quad (4)$$

Из уравнения (2) и (3) получим

$$E_m = E \cdot \frac{m_m}{m_{гр} + m_m} \quad (5)$$

Подставляя значение E из уравнения (4) в уравнение (5) получим

$$E_m = (m_{гр} \cdot h_{гр} \cdot \eta_{бл} - F_f \cdot h_{гр}) \cdot \frac{m_m}{m_{гр} + m_m} \quad (6)$$

Кинетическая энергия модели расходуется на преодоление сил сопротивления качению модели F_f на участке выбега l

$$E_i = F_f \cdot l \quad (7)$$

Подставляя значение E_i из уравнения (7) в уравнение (6) получим

$$F_f \cdot l = (m_{гр} \cdot h_{гр} \cdot \eta_{бл} - F_f \cdot h_{гр}) \cdot \frac{m_m}{m_{гр} + m_m}$$

Отсюда

$$F_f = \frac{m_{гр} \cdot h_{гр} \cdot \eta_{бл}}{h_{гр} + \frac{m_{гр} + m_m}{m_m} \cdot l} \quad (8)$$

В данной формуле значение $m_{гр} \cdot \eta_{бл}$ соответствует тяговому усилию F_k . Заменив отношение $\frac{m_{гр} + m_m}{m_m}$ через k , где k – коэффициент выбега, получим формулу, удобную для экспериментальных расчетов

$$F_f = \frac{m_{гр} \cdot h_{гр} \cdot \eta_{бл}}{h_{гр} + k \cdot l} \quad (9)$$

Значение F_f представляет собой среднюю величину силы сопротивления качению модели.

Скорость в конце разгона может быть определена из равенства приобретенной моделью энергии в период разгона и расхода её на выбег

$$F_f \cdot l = \frac{m_{гр} \cdot v^2}{2g}$$

отсюда

$$v = \sqrt{\frac{2g \cdot F_f \cdot l}{m_{гр}}} \quad (10)$$

Расчетная формула (10) справедлива при постоянной силе F_f . При переменной силе получаются результаты, достаточные для сравнительных опытов.

Обеспечение чистоты опытов достигается проведением экспериментов на почве с однородными физико-механическими свойствами по глубине.

Результаты и обсуждение

Исследование проводилось на универсальной самоходной модели ходовой части гусеничной машины с упругой балансирной подвеской. Продольная база модели – 380 мм. Опыты были проведены на песке, влажном суглинке и ровной бетонной площадке.

Основные характеристики грунтов:

а) песок – объемный вес 16 кН/м³, влажность 5 %, плотность 1,6 г/м³, структурный состав: частицы размером 2,0 мм составляли 4%; 1,0 мм составляли 6 %; 0,5 мм составляли 17 %; 0,25 мм составляли 73 %.

б) суглинок – объемный вес 20 кН/м³, влажность 15 %, плотность 1,5 г/м³. Суглинок – это глина со значительной примесью песка и пылевидных частиц. Состав суглинка: глина 15 %, песок 35 %, пылевидные частицы 50 %.

в) бетонная дорожка – прямолинейная площадка без уклона. При проведении опытов использовался цементный бетон плотностью 2,0 г/м³.

С целью определения влияния массы машины на его тягово-сцепные свойства были изготовлены модели массами 48 кг, 64 кг и 80 кг, что в пересчете для натуральной машины соответствует массам 30 кН, 40 кН и 50 кН. Кроме того, каждая модель догружалась балластными грузами, обеспечивая тем самым промежуточные значения массы модели.

Изменение массы модели производилось при постоянных параметрах ходовой части, поэтому сопровождалось соответствующим изменением удельного давления.

Экспериментальные данные о влиянии массы машины на его тягово-сцепные качества показали, что при постоянных параметрах ходовой части на каждом виде грунта имеет место свое, определенное значение оптимальной массы.

Анализ результатов исследований, приведенных на рисунке 2, показал что на бетонной площадке коэффициент сопротивления качению почти постоянен и незначительно увеличивается лишь при минимальной массе машины. Это

происходит за счет увеличения потерь в гусеничном движителе, которые мало зависят от массы.

На песке сопротивление качению уменьшается с увеличением массы тягово-транспортной машины. Это объясняется тем, что основную часть сопротивления составляют силы, мало зависящие от массы. На песке это силы трения в деталях гусеничного движителя.

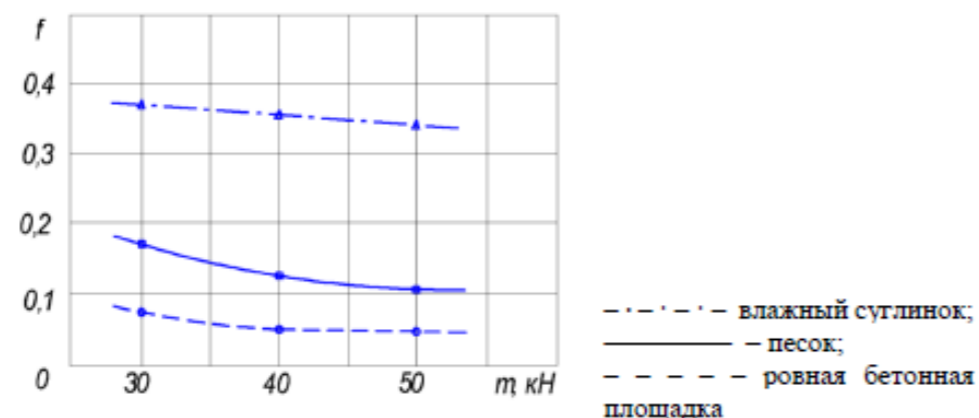


Рисунок 2 – Зависимость сопротивления качению от массы машины

На влажном суглинке коэффициент сопротивления качению плавно уменьшается, пропорционально увеличению массы машины. Это объясняется тем, что потери на прессование опорного основания мало зависят от массы.

Также были проведены исследования влияния массы машины на сопротивления качению при различных значениях скорости движения, которые показали, что при повышении скорости движения характер зависимости коэффициента сопротивления качению от массы машины практически не изменяется.

На связной почве, в частности влажном суглинке, коэффициент сцепления увеличивается при снижении массы по закону, близкому к гиперболическому, что соответствует наличию составляющей силы сцепления, не зависящей от массы.

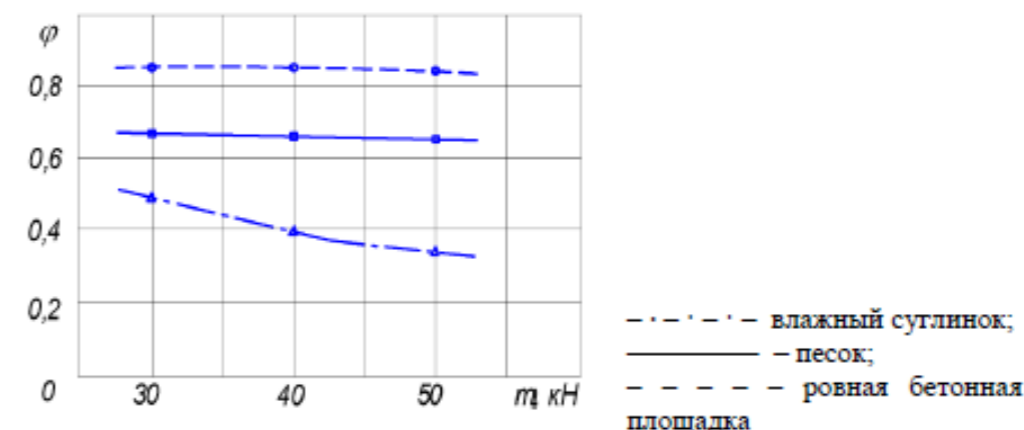


Рисунок 3 – Зависимость коэффициента сцепления от массы машины

Были проведены исследования влияния массы машины на коэффициент сцепления при различных значениях коэффициента буксования, которые показали, что с увеличением массы машины уменьшается значение коэффициента сцепления. При этом масса тягово-транспортной машины, как показали результаты исследования, приведенные в работах [14, 15], не влияет на величину буксования.

Из графика, приведенного на рисунке 4 видно, что на песке КПД ходовой части уменьшается при увеличении массы машины, что объясняется ростом потерь мощности на деформацию грунта в связи с увеличением давления на него.

На ровной бетонной площадке КПД ходовой части увеличивается при увеличении массы машины. Это объясняется тем, что потери на деформацию грунта малы.

На влажном суглинке наибольший КПД ходовой части имеет место при массе машины 40 кН. Уменьшение массы приводит к снижению КПД за счет увеличения коэффициента сопротивления качению, а увеличению массы снижает КПД вследствие возрастания сопротивления качению и буксования из-за деформации грунта.

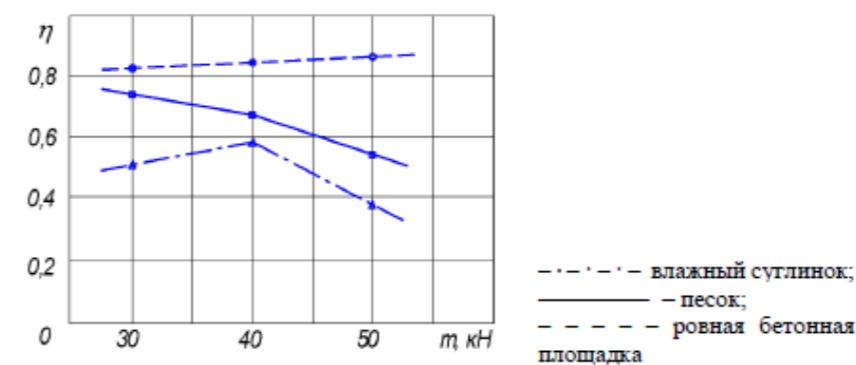


Рисунок 4 – Зависимость КПД ходовой части от массы машины

Выводы

Рассмотренные результаты экспериментов показали, что каждому виду почвы соответствует свое значение оптимальной массы машины. В связи с этим рационально задавать массу тягово-транспортной машины по тем почвенным условиям, которые требуют минимального его значения, а на других грунтах догружать машину дополнительным балластным грузом.

Исследования выполнены в рамках грантового финансирования фундаментальных и прикладных научных исследований по научным и научно-техническим проектам на 2021–2023 годы по проекту ИРН АР09258862 «Разработка и исследование многоцелевого транспортного средства», финансируемого Комитетом Науки МОН РК.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Подэрни, Р. Ю.** Горные машины и комплексы для открытых работ: учебник для вузов. – М. : Недра, 1985. – 544 с.

2 **Гланц, А. А., Алексеев, В. В.** Справочник механика геологоразведочных работ. – М. : Недра, 1987. – 444 с.

3 Горные машины и оборудование подземных горных работ: в 2-х ч. Ч. I / А. А. Хорешок, А. М. Цехин, Г. Д. Буялич, А. А. Мешков, Н. Р. Масленников. – М. : Издательство «Горное дело» ООО «Киммерийский центр», 2019. – 232 с. – ISBN 978-5-905450-98-3.

4 Транспортное средство со сменным двигателем: предварительный патент № 18188 Республики Казахстан : МКИ В 62 D 55/04. / К. К. Абишев, Т. Н. Бекенов; заявл. 07.07.2005; опубл. 15.01.2007, Бюл. № 1 – С. 5.: ил.

5 Полугусеничный движитель: Патент на полезную модель РК № 5185 МКИ В62D 55/04 / Абишев К.К., Касенов А. Ж., Муканов Р. Б., Асыллова К. Б. Қайролла Б. Қ. – Заявлено 30.04.2020; Опубл. 05.05.2020, Бюл. №4 – 3.: ил.

6 **Abishev, K. K., Kasenov, A. Zh., Assylova, K. B., Gumarov, G. S.** Study of the Interaction of a Transport Vehicle with an Open Road // Lecture Notes in Intelligent Transportation and Infrastructure. – pp. 154–163.

7 **Коробейников, А. Т. Лихачев, В. С. Шолохов, В. Ф.** Испытания сельскохозяйственных тракторов. – М. : Машиностроение, 1985. – 238 с.

8 Испытания автомобилей и тракторов / Д. В. Халтурин, Н. И. Финченко, А. В. Давыдов. – Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2017. – 172 с. – ISBN 978-5-93057-791-4.

9 Средства исследования движения МТА / Рославцев А. В. Авдеев В. М. Третьяк В. М. и др. // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1999. – № 3. – С. 26–29.

10 Основы теории и техники физического моделирования и эксперимента: учебное пособие / Гатапова Н. Ц., Колиух А. Н., Орлова Н. В., Орлов А. Ю. – Тамбов, 2014. – 77 с.

11 **Алабужев, П. М., Геронимус, В. В., Минкевич, Л. М., Шеховцев, Б. А.** Теория подобия и размерностей. Моделирование. – М. : Высшая школа, 1968. – 356 с.

12 **Пинигин, Б. Н., Андреев, Г. Н.** Исследование методов замера тяговых усилий при испытании моделей ходовой части. – В сб. : «Конструирование и расчет гусеничных машин». – Челябинск : ЧПИ, 1963. – Вып.1.– С. 13–19.

13 **Бекенов, Т. Н., Абишев, К. К. и др.** Стенд для исследования моделей ходовых систем // Materiály IV mezinárodní vědecko-praktická conference «Vědecký průmysl evropského kontinentu – 2008» – Прага, Чехия, 2008. – Том 14. Технические науки. – С. 50–52.

14 **Васильев, А. В., Докучаева, Е. Н., Уткин-Любовцов, О. Л.** Влияние конструктивных параметров трактора на его тягово-сцепные свойства – М. : Машиностроение, 1969. – 192 с.

15 **Барахтанов, Л. В., Беляков, В. В., Кравец, В. Н.** Проходимость автомобиля: учеб. пособие / Нижегородский государственный технический университет. – Н. Новгород, 1996. – 198 с.

REFERENCES

1 **Poderni, R. Yu.** Gornye mashiny i komplekсы dlya otkrytyh работ: uchebnik dlya vuzov [Mining machines and complexes for surface works: textbook for universities] – Moscow : Nedra, 1985. – 544 p.

2 **Glanc, A. A., Alekseev, V. V.** Spravochnik mekhanika geologorazvedochnyh работ [Handbook of mechanics of geological prospecting works]. – Moscow : Nedra, 1987. – 444 p.

3 Gornye mashiny i oborudovanie podzemnyh gornyh работ: v 2-h ch. CH. I [Mining machinery and equipment of underground mining works: in 2 parts. Part I] / A. A. Horeshok, A. M. Tsekhin, G. D. Buyalich, A. A. Meshkov, N. R. Maslennikov. – Moscow : Gornoe Delo Publishing House ООО Kimmeri Tsentr, 2019. – 232 p.; ISBN 978-5-905450-98-3.

4 Transportnoe sredstvo so smennym dvizhitelem: predvaritel'nyj patent №18188 Respubliki Kazahstan : MКИ В 62 D 55/04 [Vehicle with an interchangeable propulsor: provisional patent No. 18188 of the Republic of Kazakhstan : MКИ В 62 D 55/04] / K. K. Abishev, T. N. Bekenov; Application. 07.07.2005; publ. 15.01.2007, Bulletin No. 1 – p. 5.: illustration.

5 Polugusenichnyj dvizhiteľ: Patent na poleznuyu model' RK № 5185 MКИ В62D 55/04 [Half-track mover: Utility model patent RK № 5185 MКИ В62D 55/04] / K. K. Abishev, A. J. Kasenov, R. B. Mukanov, K. B. Asylova, B. K. Kairolla. - Petitioned April 30, 2020; Republished May 05, 2020, pamphlet #4 - 3. – № 4 – 3.: il.

6 **Abishev, K. K., Kasenov A. Zh., Assylova, K. B., Gumarov, G. S.** Study of the Interaction of a Transport Vehicle with an Open Road // Lecture Notes in Intelligent Transportation and Infrastructure. – P. 154–163.

7 **Korobejnikov, A. T., Lihachev, B. C., Sholohov, V. F.** Ispytaniya sel'skohozyajstvennykh traktorov [Tests of agricultural tractors]. – Moscow : Mashinostroenie, 1985. – 238 p.

8 Ispytaniya avtomobilej i traktorov [Tests of cars and tractors] / D. V. Khalturin, N. I. Finchenko, A. V. Davydov. – Tomsk : Publishing house of Tomsk State Architectural and Engineering University, 2017. – 172 p. – ISBN 978-5-93057-791-4.

9 Sredstva issledovaniya dvizheniya MTA [Means of studying the MTA motion] / Roslavtsev A. V. Avdeev V. M. Tretjak V. M. et al. // Tractors and agricultural machinery. – 1999. – № 3. – P. 26–29.

10 Osnovy teorii i tekhniki fizicheskogo modelirovaniya i eksperimenta : uchebnoe posobie [Fundamentals of Theory and Techniques of Physical Modeling and Experiment : Tutorial] / Gatapova N. C., Koliukh A. N., Orlova N. V., Orlov A. Yu, 2014. – 77 p.

11 **Alabuzhev, P. M., Geronimus, V. V., Minkevich, L. M., Shekhovcev, B. A.** Teoriya podobiya i razmernostej [Similarity and dimension theory] Modeling. – Moscow : Higher School, 1968. – 356 p.

12 **Pinigin, B. N., Andreev, G. N.** Issledovanie metodov zamera tyagovykh usilij pri ispytanii modelej hodovoj chasti. – V sb.: «Konstruirovaniye i raschet gusenichnykh mashin». – CHelyabinsk: CHPI, 1963. – Vyp.1.– P. 13–19.

13 **Bekenov, T. N., Abishev, K. K. i dr.** Stend dlya issledovaniya modelej hodovykh sistem [Tendency for the study of running system models] // Materiály IV mezinárodní vědecko-praktická conference «Vědecký průmysl evropského kontinentu – 2008» – Praga: Chekhiya, 2008. – Vol 14. Tekhnicheskie nauki. – P. 50–52.

14 **Vasil'ev, A. V., Dokuchaeva, E. N., Utkin-Lyubovcov, O. L.** Vliyanie konstruktivnykh parametrov traktora na ego tyagovo-scepnnye svoystva [Influence of tractor design parameters on its towing and traction properties] - Moscow : Mashinostroenie, 1969.– 192 p.

15 **Barahtanov, L. V., Belyakov, V. V., Kravec, V. N.** Prohodimost' avtomobilya : ucheb. posobie [Car drivability : textbook].– N. Novgorod, – Nizhny Novgorod State Technical University. 1996. – 198 p.

Материал поступил в редакцию 24.11.22.

К. К. Абишев¹, *А. Ж. Касенов², Р. Б. Муканов³, Н. С. Сембаев⁴, А. Д. Сулейменов⁵

^{1,2,3,4,5}Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

Материал 24.11.22. баспаға түсті

ТАРТУ-КӨЛІК МАШИНАСЫ МАССАСЫНЫҢ ОНЫҢ ТАРТУ-ҰСТАСУ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ

Бұл жұмыс машинаның конструктивтік параметрлерінің оның пайдалану қасиеттеріне әсерін зерттеуге арналған. Бұл мақалада тарту-көлік машинасының массасының оның өнімділігіне әсері қарастырылады. Резеңке шынжырдың тірек негізімен әрекеттесуінің математикалық моделі жасалды. Тәжірибелік зерттеулерге материалды, уақытты және

ресурстық шығындарды азайту және шынжыр табанды қозғағыштың жермен әрекеттесуін математикалық модельдеу үшін мәліметтер алу үшін физикалық модельдеу әдістерін қолдану арқылы зерттеулер жүргізілді. Көлденең беттегі жұмыс істейтін жүйе моделін жеделдету-жағалау әдісі қолданылды. Ұсынылған әдіс өлішеу дәлдігін және бірдей массалық және базалық параметрлердегі модельдердің әртүрлі нұсқаларын салыстыру мүмкіндігін қамтамасыз етеді. Әдістің мәні модельді белгілі бір жылдамдыққа дейін үдетуді қамтамасыз ететін нақты анықталған энергия мөлшерімен қамтамасыз етуде жатыр. Содан кейін бұл жылдамдық жағалау кезінде қозғалғыш қондырғыдағы жоғалтуларға байланысты сөнеді. Тәжірибелер құмда, дымқыл сазда және тегіс бетон платформасында серпімді теңестіру суспензиясы бар шынжыр табанды көліктің жүріс бөлігінің әмбебап өздігінен жүрмейтін үлгісін қолдану арқылы жүргізілді. Тәжірибелік зерттеулердің нәтижесінде топырақтың әрбір түріне тарту-көлік машинасының оңтайлы массасының өзіндік мәні бар екені анықталды.

Кілтті сөздер: тарту-көлік машиналар, жүріс жүйесі, физикалық модельдеу, машина жүріс бөлігінің моделі, тарту-ұстасу қасиеттері.

К. К. Abishev¹, *A. Zh. Kassenov², R. B. Mukanov³, N. S. Sembaev⁴, A. D. Suleimenov⁵

Toraighyrov university, Republic of Kazakhstan, Pavlodar

Material received on 24.11.22.

RESEARCH OF THE INFLUENCE OF THE MASS OF THE TRACTIVE AND TRANSPORTATION VEHICLE ON ITS TRACTION AND DRAG PROPERTIES

This work is devoted to the study of the influence of the design parameters of the machine on its operational properties. This article discusses the influence of the mass of the traction-transport machine on its performance. A mathematical model of the interaction of a rubber caterpillar with a supporting base has been developed. In order to reduce material, time and resource costs for experimental studies and obtaining data for mathematical modeling of the interaction of a caterpillar mover with the ground, the studies were carried out using physical modeling methods. The method of acceleration-coasting of the running system model on a horizontal surface was used. The proposed method provides measurement accuracy and the ability to compare different versions of models in the same mass and base parameters. The essence of the method lies in providing the model with a precisely defined amount of energy, which ensures the acceleration of the model to a certain speed. Then this speed is extinguished due to losses in the propulsion unit during coasting. The experiments were carried out using a universal non-self-propelled model of the undercarriage of a tracked vehicle with an elastic balancing suspension on sand, wet loam and a flat concrete platform. As a result of the experimental studies, it was found that each type of soil has its own value of the optimal mass of the traction and transport machine.

Keywords: tractive and transportation vehicle, undercarriage system, physical modeling, model of a undercarriage of a vehicle, traction and drag properties.

А. Туленов¹, Ж. А. Шингисбаева², *Г. Ж. Бекболатов³, А. С. Джунусбеков⁴

^{1,2,3,4}Южно-Казахстанский университет имени Ауэзова,
Республика Казахстан, г. Шымкент

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА НА СОСТОЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Количество выбросов токсичных веществ от автомобилей непосредственно связаны с градостроительно-планировочными условиями формирования системы организаций дорожного движения. В научной статье приведены результаты исследования, как реальные условия движения автомобилей влияют на количество токсичных выбросов от автомобильного транспорта на окружающую среду. Приведено сравнение основных методов оценки количества вредных веществ в отработавших газах автотранспортных средств. Исследовательской группой проведено исследование цикла движения в реальных условиях движения на улицах города для оценки количества вредных веществ, выбрасываемых автомобильным транспортом. За основу ездового цикла взята работа двигателя на «холостом ходу» в ожидании «зеленого сигнала» перед перекрестком, трогание с места после разрешающего сигнала и разгон до определенной скорости, движение с установившейся скоростью после достижения определенной скорости и торможение до полной остановки. Определены среднечасовые выбросы токсичных веществ для разных типов автомобилей на разных типах автомобильных дорог с учетом соотношения времени работы автомобилей при различных режимах движения.

Результаты исследования показывают, что увеличение расстояния между перекрестками, переход от дорог с регулируемыми перекрестками к дорогам с перекрестками разного уровня приводит к снижению выбросов токсичных веществ, а переход от свободного потока к частично-связанному или плотно-связанному приводит к увеличению выбросов токсичных веществ.

Ключевые слова: автомобильный транспорт, выбросы токсичных веществ, ездовой цикл, холостой ход, разгон, установившееся движение, торможение

Введение

Градостроительные-планировочные факторы предопределяют условия движения автомобильного транспорта, т.е. создают условия движения в свободном, частично-связанном или плотно-связанном потоке. В зависимости от условий, формируются режимы движения автомобилей. Поэтому расход топлива

и интенсивность выбросов токсичных веществ необходимо определять не только в зависимости от типа подвижного состава автомобильного транспорта, но и от условий движения, которые характеризуются удельным весом (соотношением) времени движения автомобиля при различных режимах двигателя на холостом ходу, в режиме разгона, в режиме работы с установившейся скоростью, в режиме торможения.

Материалы и методы

В отечественной практике для определения выбросов токсичных веществ применяются в основном три метода. Один из них основан на определении продуктов сгорания исходя из количества топлива, расходуемого автомобилями, он не учитывает ни структуру парка автомобилей, ни эксплуатационные показатели их работы, ни мероприятия по снижению токсичности выбрасываемых веществ [1]. Этот метод является простым, но недостаточно точным, т.к. может приводить к значительным ошибкам. Так, одно и то же количество топлива в условиях достаточного количества кислорода может сгорать в двигателях полностью в двуокись углерода, а при недостатке кислорода, в критических условиях, это же количество топлива может полностью трансформироваться в окись углерода. При этом с отработавшими газами не выделяется двуокись углерода [2, 3].

Еще менее точным является метод определения весового выброса токсичных веществ исходя из транспортной работы, выраженной общим объемом в тонна-км [4]. Очевидно, что общий объем работы автомобиля определенного типа (грузовой, легковой автомобиль и автобусы), выраженный в тонна-км, хотя и учитывает модель автомобиля и его конструктивные особенности, но не отражает условий его работы, т.е. эта работа может быть выполнена на дорогах с различными состоянием покрытий, на городских магистралях различного типа, при различных условиях движения (в свободном, частично-связанном или плотно-связанном потоке), при различных режимах движения автомобиля (соотношения количества и продолжительности разгонов-торможений и остановок транспорта), при различных скоростях движения и т.д.

Таким образом, при одной и той же транспортной работе возникает большой количество комбинаций ее выполнения, характеризующихся различными количествами выбросов токсичных веществ.

Наиболее точным в настоящее время является метод определения массового выброса токсичных веществ потоком автотранспортных средств [5–7]. Тем не менее и в нем не учитываются условия и режимы движения транспортных средств.

Однако, прежде чем перейти к исследованию влиянию факторов организации движения на интенсивность выбросов токсичных веществ, необходимо рассмотреть методы расчета весового выброса в зависимости от конструктивных особенностей, технического состояния, эксплуатационных параметров, а также структуры парка автомобилей [8]. Из теории двигателей внутреннего сгорания известно, что количество окиси углерода, получающейся при сгорании 1 кг бензина, можно получить из уравнения:

$$M_{CO} = 2 \frac{1-\alpha}{1+K} 0.21 Z_B \quad (1)$$

где α – коэффициент избытка воздуха, $\alpha = \frac{Q_B}{Z_B}$;
 K – коэффициент, определяющий во сколько раз больше количество окиси углерода от количества водорода, $K = \frac{M_{H_2}}{M_{CO}} \approx 0.45$;
 Q_B – количество воздуха, израсходованное при сгорании 1 кг топлива, кг;
 Z_B – количество воздуха, теоретически необходимое для полного сгорания 1 кг топлива, кг.

Установлено, что теоретическое количество воздуха для полного сгорания 1 кг жидкого топлива ($\alpha \geq 1$) можно определить по формуле [1]:

$$Z_B = \frac{1}{0.84} \left(\frac{C}{3} + H - \frac{O}{8} \right) \quad (2)$$

или через характеристику топлива в горючей смеси, состоящей из паров топлива и воздуха:

$$Z_B = \frac{C}{1.99} (0.79 + \beta C) \quad (3)$$

Для бензина $\beta = \frac{2.37}{C} (H - \frac{O}{8}) \approx 0.402$.

Тогда, масса смеси $M_C = \alpha Z_B + \frac{1}{M_T}$.

Продукты сгорания состоят из образовавшихся в результате реакции углекислого газа, водяного пара, избыточного кислорода и азота. Общее количество продуктов сгорания, отнесенное к 1 кг топлива, составит:

$$M_T = M_{CO_2} + M_{H_2O} + M_{O_2} + M_{N_2} \quad (4)$$

Количество отдельных составляющих продуктов сгорания определяется следующими уравнениями:

$$M_{CO_2} = \frac{C}{12}; \quad M_{H_2O} = \frac{H}{2}; \quad (5)$$

$$M_{O_2} = 0.21 \alpha Z_B - 0.21 Z_B = 0.21(\alpha - 1) Z_B$$

где $0.21 \alpha Z_B$ – масса поступившего кислорода для сгорания топлива, кмоль/кг топлива;

$0.21 Z_B$ – масса кислорода, вступившего в реакцию сгорания, кмоль/кг топлива.

или:

$$M_{O_2} = \frac{C(\alpha-1)}{12 \cdot 0.21} (0.79 + \beta) \quad (6)$$

$$M_{N_2} = 0.79 \alpha Z_B \quad (7)$$

Тогда, после преобразований, получим для любого количества продуктов сгорания:

$$M_T = \frac{C}{12} + \frac{H}{2} + 0.79 Z_B + Z_B(\alpha - 1) \quad (8)$$

При $C=0,855$ кг, $H=0,145$ кг, $O=0$ (для бензина) теоретическое необходимое количество воздуха для сгорания 1,0 кг топлива: $Z_B=0,512$ кмоль. Количество окиси углерода $M_{CO}=0.149(1-\alpha)$.

Весовое содержание окиси углерода в отработавших газах при сгорании Q_T кг топлива составит:

$$Q_{CO} = 28 \cdot 0.149 Q_T (1 - \alpha) = 4.17 Q_T (1 - \alpha) \quad (9)$$

где 28 – молекулярный вес окиси углерода.

Состав и количество выбросов токсичных веществ в отработавших газах автомобилей являются функцией режимов движения автомобилей, зависящих от градостроительно-планировочных условий формирования системы организаций движения и непосредственно самой организаций движения автомобильного транспорта.

На основе формулы (9) и удельного веса времени работы автомобиля в различных режимах (γ), часовой выброс окиси углерода в отработавших газах одного автомобиля можно определить из следующего уравнения:

$$G_{CO} = 4.17 \left(\gamma_{t(xx)} G_{T(xx)} (1 - \alpha_{xx}) + \gamma_{t(p)} G_{T(p)} (1 - \alpha_p) + \gamma_{t(y)} G_{T(y)} (1 - \alpha_y) + \gamma_{t(T)} G_{T(T)} (1 - \alpha_T) \right) \quad (10)$$

где $G_{T(\text{пр})}$ – часовой расход топлива при определенном режиме работы автомобиля, кг/ч;

$\gamma_{t(\text{пр})}$ – удельный вес времени работы автомобиля в определенном режиме;

xx – холостой ход;

p – разгон;

y – движения с установившейся скоростью;

T – торможение.

Исследованиями установлено, что как при нормальном протекании процесса сгорания топлива, так и при его нарушении, коэффициент избытка воздуха α может быть достаточно точно определен по составу продуктов сгорания. Количество топлива, находящегося при разгоне во впускном трубопроводе, может на порядок и больше превышать то количество, которое необходимо, чтобы образовать горючую смесь в пределах воспламеняемости. Исследование топливной экономичности автомобилей при разгоне экспериментальным путем, с точки зрения определения продуктов сгорания, является сложной задачей, поскольку при разгоне имеет место нарушение баланса между количеством топлива, поступающим в систему питания, и количеством топлива, сгоревшем в цилиндрах на этом режиме [1].

Для определения расхода топлива на режимах установившегося движения автомобиля очень важно правильно оценить среднюю скорость равномерного движения, т.к. часовой расход топлива растет с увеличением скорости. Анализ литературных данных показывает, что средние скорости равномерного движения автомобилей в городских условиях, как правило, находятся в интервале скоростей, определяющих контрольные расходы топлива [1, 2]. Этот интервал составляет 30–40 км/ч для грузовых автомобилей 40–60 км/ч для легковых. Такой диапазон скоростей позволяет использовать для расчета расхода топлива в режимах установившегося движения паспортные технические характеристики автомобилей (контрольные расходы топлива).

Расход топлива и выбросы токсичных веществ зависят от технических параметров автомобиля и его двигателя, от режима движения автомобиля (параметры ездового цикла), обусловленного структурой и типом магистралей, наличием пересечений в одном и разных уровнях, а также от структуры и состояния потока – видов транспорта, плотности, интенсивности и скорости движения.

Результаты и обсуждение

Для решения задачи снижения расхода топлива и выбросов токсичных веществ автомобильным транспортом, за счет оптимизации условий его движения, проведено исследование ездового цикла на магистралях города. В качестве базиса ездового цикла принята основная комбинация элементов режима движения автомобиля – работа двигателя на «холостом ходу» (остановка перед перекрестком в ожидании разрешающего сигнала движения), трогание с места и разгон до установившейся скорости, движение с установившейся скоростью, движение с выключенной передачей и торможение до полной остановки автомобиля. Полный ездовой цикл (ЕЦ) принят как некоторая упрощенная комбинация последовательного соединения элементов движения.

Исследование ездового цикла осуществлялись с помощью специальной мини-лаборатории, оборудованной в микроавтобусе ГАЗ-32213. Автомобиль-лаборатория двигался в составе транспортного потока по наиболее оживленным магистралям города (маршруты движения составлялись предварительно). Регистрировались режимы движения микроавтобуса, а также интенсивность, плотность и состав потока по видам транспортных средств.

При проведении испытаний фиксировались нижеперечисленные параметры: скорость движения автомобиля; пройденный путь: общий и на каждой передаче КПП; показатель состояния автомобиля: время в движении, остановка и количество остановок; положение рычага коробки передач и время движения в каждой передаче; ускорения и замедления микроавтобуса.

Экспериментальные данные обрабатывались и результаты расчетов приведены в таблице 1. На рисунке 1 построен график ездового цикла для магистралей общегородского значения регулируемого движения.

Таблица 1 – Результаты исследования ездового цикла магистралей общегородского значения регулируемого движения (МРД)

Наименование режима	Начальная скорость, км/ч	Конечная скорость, км/ч	Передача	Время, с	Доля времени, %	Путь за режим, м
Холостой ход	0	0	нейтр.	9,25	3,93	0
Разгон	0	18,7	II	8,7	3,7	23
Разгон	18,7	30,1	III	8,0	3,4	54
Разгон	30,1	46,3	IV	15,0	6,38	159
Установившееся движение	46,3	46,3	IV	6,8	2,89	87
Торможение	46,3	30,5	IV	8,8	3,74	93
Торможение	30,5	18,7	III	8,9	3,78	60
Разгон	18,7	30,1	III	8,0	3,41	54
Разгон	30,1	46,3	IV	15,0	6,38	159
Торможение	46,3	30,1	IV	8,8	3,74	93
Торможение	30,1	0	IV	11,4	4,85	48
Холостой ход	0	0	нейтр.	18,5	7,87	0
Разгон	0	18,7	II	8,7	3,7	23
Разгон	18,7	30,1	III	8,0	3,4	54
Разгон	30,1	46,3	IV	15,0	6,38	159
Разгон	46,3	51,8	V	19,2	8,16	262
Установившееся движение	51,8	51,8	V	28,4	12,07	409
Торможение	51,8	46,3	V	8,7	3,7	119
Торможение	46,3	0	V	10,8	4,59	69
Холостой ход	0	0	нейтр.	9,25	3,93	0
ВСЕГО			11 пере-ключ.	235,2	100,0	1925

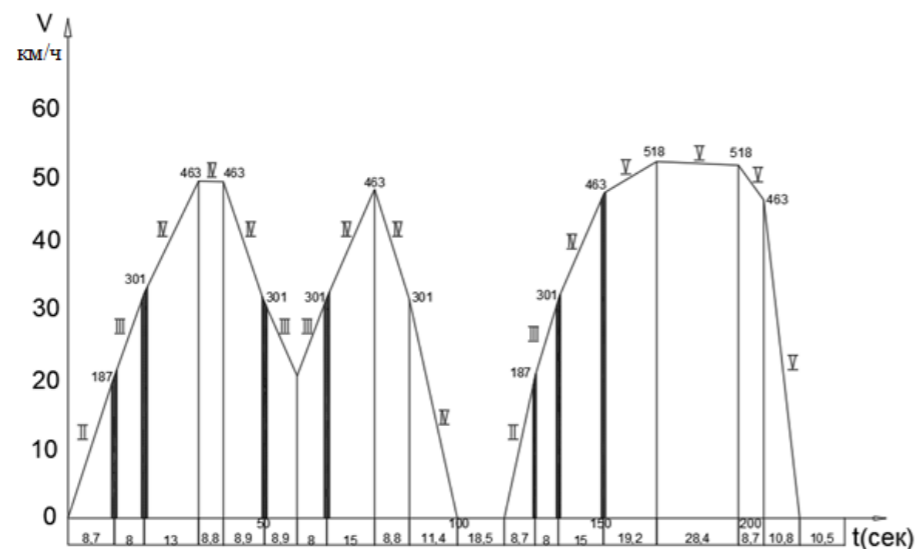


Рисунок 1 – График ЕЦ для магистралей общегородского значения регулируемого движения

Подобные ездовые циклы разработаны в большинстве стран Европы, США, Японии и в нескольких городах стран СНГ [9, 10]. В таблица 2 представлены некоторые из широко известных ездовых циклов.

Сравнение нашего исследуемого ездового цикла с Европейским и Ереванским ЕЦ позволяет отметить их существенные различия по максимально установившейся скорости и соотношению времени работы автомобилей при различных режимах движения.

Таблица 2 – Структура времени режимов работы автомобилей при различных ездовых циклах

Наименование ездового цикла	Холостой ход		Разгон		Установившейся движение		Торможение	
	сек.	%	сек.	%	сек.	%	сек.	%
Калифорнийский	20	14,6	45	32,8	30	22	42	30,6
Европейский	60	33,7	33	21,9	50	28,1	29	16,3
Лос-Анджелеса		37,3		19		19,3		24,4
НАМИ (Москва)	60	33,8	42	21,5	57	23,2	36	18,5
Московский		30		25		25		20,0
Ереванский	43,2	12,3	118,7	35,5	61,3	18,3	111,8	33,3
Исследуемый	37	15,7	105,6	44,9	35,2	14,9	57,4	24,5

Эти различия можно объяснить неодинаковыми условиями движения на магистралях различного типа с соответствующей плотностью транспортных потоков. На основе этих данных можно сделать вывод о том, что создание универсального ездового цикла, который достаточно точно характеризовал бы все возможные условия движения автомобиля по различным магистралям города,

является некорректной задачей. Для каждого крупного города, отличающегося типами магистралей по функциональному назначению и условиями движения на них, должен быть определен свой ЕЦ по типам магистралей.

Были проведены специальные исследования ездовых циклов для скоростных дорог, магистралей общегородского значения непрерывного движения (МНД), магистралей общегородского и районного значения с регулируемым движением (МРД) для перераспределения движения внутри районов и зон города, сеть улиц местного значения для перераспределения потоков транспорта внутри отдельных микрорайонов и их подвода непосредственно к промышленным зонам, объектам и жилым домам (ММД). В качестве скоростной дороги использовался участок трассы Шымкент-Сарыагаш, для определения параметров ЕЦ на МНД был выбран участок по проспекту Кунаева от улицы Тажибаева до улицы Желтоқсан, где отсутствуют пересечения на одном уровне. Определение параметров ЕЦ для ММД осуществлялось на улицах местного движения в различных районах г.Шымкента. Результаты исследований ЕЦ для различных типов магистралей приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты исследований ЕЦ для различных типов магистралей

Тип магистрали	Холостой ход		Разгон		Установившееся движение		Торможение	
	сек.	%	сек.	%	сек.	%	сек.	%
Скоростная дорога	18,5	11,4	78,8	48,6	36,0	22,0	28,8	18,0
Магистраль общегородского значения не-прерывного движения	18,5	10,8	62,4	36,5	64,4	37,6	25,9	15,1
Магистраль общегородского и районного значения с регулируемым движением	37,0	15,7	105,6	44,9	35,2	14,9	57,4	24,5
Магистраль районного значения смешанного движения	54,4	17,3	154,64	49,2	12,3	3,9	93,0	29,6

Исследование соотношения времени отдельных режимов работы автомобилей (рис. 1, табл. 3) позволяет сделать следующие выводы:

- значительное влияние на изменение режимов работы автомобилей оказывает тип магистралей;
- в условиях сосредоточения движения автомобилей на МРД и ММД (отсутствуют МНД), в связи с сокращением расстояний между перекрестками по сравнению с МНД, увеличивается количество разгонов и торможений, и соответственно, сокращается время движения автомобилей с установившейся скоростью, в результате – ухудшается состояние окружающей среды;
- отсутствие скоростных дорог и магистралей непрерывного движения приводит к усилению концентрации движения транспорта на МРД и повышению плотности и интенсивности движения на них, движение автомобильного транспорта происходит в частично-связанных потоках, а в некоторых случаях и в плотно-связанных потоках, что обуславливает резкое увеличение количества

разгонов-торможений и их продолжительность. Как следствие, происходит рост расхода топлива и токсичных выбросов.

С изменением структуры магистралей по функциональному назначению меняются параметры пропускной способности, режимы движения и показатели расхода топлива и выбросов токсичных веществ.

На основе исследования параметров ездовых циклов (таблица 3) для магистралей различного класса определены усредненные значения по структуре затрат времени работы автомобилей в определенных режимах с учетом условий движения (свободное, частично-связанное и плотно-связанное) на них (таблица 4).

Таблица 4 – Коэффициент $\gamma_{t(np)}^M$, учитывающий соотношения времени работы автомобилей при различных режимах движения

Условия движения		Режимы движения			
		разгон	установившееся движение	тормо-жение	
холостой ход					
МНД	1. Свободное	0,110	0,351	0,390	0,149
	2. Частично-связанное	0,108	0,365	0,376	0,151
	3. Плотно-связанное	0,106	0,415	0,306	0,174
МРД	1. Свободное	0,161	0,412	0,186	0,241
	2. Частично-связанное	0,157	0,449	0,149	0,245
	3. Плотно-связанное	0,148	0,497	0,101	0,254
ММД	1. Свободное	0,178	0,428	0,106	0,288
	2. Частично-связанное	0,173	0,492	0,039	0,296
	3. Плотно-связанное	0,155	0,535	0,010	0,300

Анализ данных таблица 4 позволяет сделать следующие выводы:

– отсутствие МНД для свободного потока транспортных средств, приводит к увеличению времени работы автомобилей в режимах разгона-торможения на МРД на 30,6 %, а на ММД – на 43,2 %;

– при движении на МРД соотношение времени работы автомобилей в режимах разгона-торможения, при переходе из свободного потока в частично-связанный, увеличивается на 6,3 %, а в плотно-связанный – на 15 %;

– в зонах частично-связанного и плотно-связанного потоков на МРД и ММД наиболее часто появляются случаи отсутствия участков движения с установившейся скоростью, т.е. весь процесс движения состоит из чередования циклов разгона-торможения, что обуславливает резкое увеличение расхода топлива, износа конструкции автомобиля и увеличение выбросов токсичных веществ.

Используя формулу (10), получим зависимости часовых выбросов токсичных веществ при различных режимах движения автомобилей:

$$G_{CO(np)} = G_{T(np)} 4.17(1 - \alpha_{(np)}) \quad (11)$$

$$G_{C_nH_m(np)} = G_{T(np)} 0.696(1 - \alpha_{(np)}) \quad (12)$$

$$G_{NO_x(np)} = G_{T(np)} 0.278(1 - \alpha_{(np)}) \quad (13)$$

где $G_{CO(np)}, G_{C_nH_m(np)}, G_{NO_x(np)}$ – часовой выброс токсичного компонента при соответствующем режиме работы двигателя автомобиля, кг/ч;

$(1 - \alpha_{(np)})$ – коэффициент, учитывающий условия сгорания топлива в смеси с воздухом при соответствующем режиме работы (холостой ход, разгон двигателя, установившееся движение) принимается в расчетах по данным НАМИ [11]: для автобусов $(1 - \alpha_{xx})=0,15, (1 - \alpha_p)=0,17, (1 - \alpha_y)=0,11$; для легковых автомобилей $(1 - \alpha_{xx})=0,13, (1 - \alpha_p)=0,15, (1 - \alpha_y)=0,10$; для грузовых автомобилей $(1 - \alpha_{xx})=0,17, (1 - \alpha_p)=0,18, (1 - \alpha_y)=0,12$.

Результаты расчетов представлены в таблице 5.

Для прогнозирования (расчета) массового выброса токсичных веществ в конкретных зонах города с учетом перспективной плотности движения и неравномерности ее распределения, а также различия в условиях режима движения на различных типах магистралей, предлагаем следующую зависимость:

$$Q_B = \sum_1^k \sum_1^{N_s} \sum_1^n \frac{L^k \xi_{(s)}^M}{V_{(s)}^M K_{np}^k} (G_{B(xx)}^k \gamma_{t(xx)}^M + G_{B(p)}^k \gamma_{t(p)}^M + G_{B(y)}^k \gamma_{t(y)}^M + G_{B(T)}^k \gamma_{t(T)}^M) \quad (14)$$

где L_k – приведенный пробег k-го типа транспорта, км;

$V_{(s)}^M$ – средняя скорость автомобилей на магистрале определенного типа в локальной зоне города, км/ч;

K_{np}^k – коэффициент приведения пробега;

$\xi_{(s)}^M$ – коэффициент распределения плотности движения по зонам и магистрали города;

$\gamma_{t(реж)}^M$ – коэффициент соотношения времени работы автомобилей при различных режимах движения.

Для различных типов автомобилей рассчитаны значения показателей средних часовых выбросов токсичных веществ с учетом соотношения времени их работы при различных режимах движения на магистралях различного типа.

По результатам расчетов представлены зависимости часовых выбросов токсичных веществ от изменения расстояния между регулируемыми перекрестками для различных типов автомобилей (рисунке 2). Отметим, что увеличение расстояния между перекрестками приводит к снижению выбросов токсичных веществ. Это происходит за счет уменьшения доли времени работы автомобиля в режимах разгона и торможения в общей структуре затрат времени (рисунке 3).

На рисунке 4 изображены графики, характеризующие влияние условий движения на часовые выбросы окиси углерода различными типами транспортных средств.

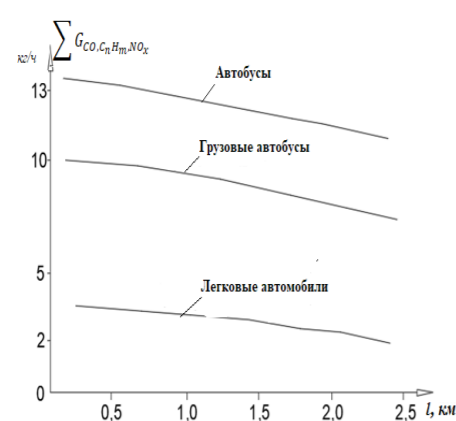


Рисунок 2 – Зависимость интенсивности выбросов токсичных веществ от изменения расстояния между регулируемыи перекрестками

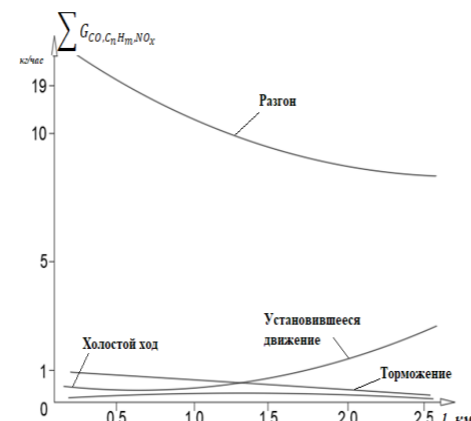
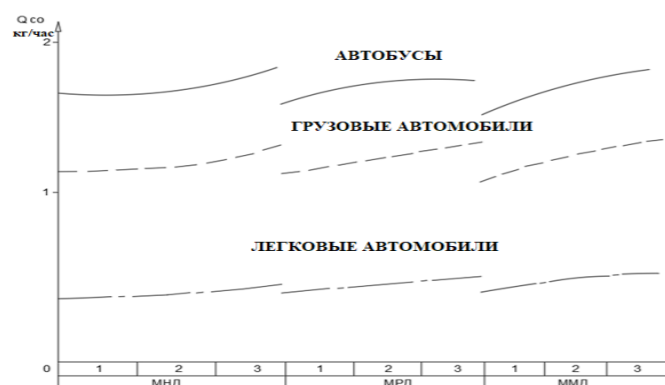


Рисунок 3 – Распределение выбросов токсичных веществ



1 – свободное; 2 – частично-связанное; 3 – плотно-связанное
Рисунок 4 – Влияние условий движения на удельный выброс окиси углерода различными типами транспортных средств

Выводы

Проведенное экспериментальное исследование ездовых циклов на магистралях различного функционального назначения позволило установить зависимости выбросов токсичных веществ от условий движения подвижного состава автомобильного транспорта на автомагистралях. Проведенными исследованиями установлено, что условия движения автомобильного транспорта оказывает значительное влияние на расход топлива и количество выбросов токсичных веществ. Из рис.4 видно, что изменение класса магистралей – переход от МРД к МНД позволяет снизить выбросы токсичных веществ на 3-8 % в зависимости от типа транспортных средств.

Переход от свободного потока к частично-связанному приводит к увеличению выбросов токсичных веществ на 10–11 %, а к плотно-связанному – до 14 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Никифиров, А. С. Спецвопросы сжигания топлива: учебное пособие [Текст]. – Павлодар : Инновационный Евразийский университет, 2009. – 244 с.
- 2 Амбарцумян, В. И., Носов, В. В., Тарасов, В. Б. Экологическая безопасность автомобильного транспорта [Текст]. – М. : Научтехлитиздат, 1999. – 320 с.
- 3 Дьяков, А. Б., Игнатъев, Ю. В., Коншин, Е. П. Экологическая безопасность транспортных потоков [Текст]. – М. : Транспорт, 1989. – 128 с.
- 4 Волков, В. С., Тарасова, Е. В. Мониторинг городской окружающей среды с учётом деятельности автомобильного транспорта [Текст]. // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 2. – [электронный ресурс]. – <https://science-education.ru/ru/article/view?Id=12341>
- 5 Донченко, В. В., Кунин, Ю. И., Рузский, А. В., Виженский, В. Методы расчета выбросов от автотранспорта и результаты их применения [Текст]. // Журнал автомобильных инженеров. – 2014. – № 3 (86). – С. 44–51.
- 6 Парсаев, Е. В., Малюгин, П. Н., Тетерина И. А. Методика расчета выбросов загрязняющих веществ для нестационарных транспортных потоков [Текст]. // Вестник СиБАДИ. – 2018. – Том 15, № 5. – С. 686–697.
- 7 Туленов, А. Т., Горская, Н. А., Бекболатов, Г. Ж. Методы определения выбросов загрязняющих веществ автотранспортом [Текст]. // Информационно-аналитический журнал «Актуальные проблемы современной науки». – 2015. – № 2 (81). – С. 152–154.
- 8 Молодцов, В. А., Гуськов, А. А. Определение выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта : методические указания [Текст]. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2014. – 22 с.
- 9 Акунов, Б. У. Ездовые циклы для оценки топливной экономичности легковых автомобилей [Текст] // Вестник Таджикского технического университета. – 2014. – № 1 (25). – С. 92–95.
- 10 Маняшин, А. В. Методология исследования городских ездовых циклов автомобилей [Текст] // Архитектура, строительство, транспорт. – 2021. – № 4 (98). – С. 67–73.
- 11 Расчетная инструкция (методика) по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ автотранспортными средствами в атмосферный воздух [Текст] // – М.: НИИАТ, 2008. – 66 с.

REFERENCES

- 1 Nikifirov, A. S. Speczvoprosy` szhiganiya topliva : uchebnoe posobie [Fuel Combustion Special Questions] : Tutorial [Text]. – Pavlodar : Innovative Eurasian University, 2009. – 244 p.

2 **Hambartsumyan, V. I., Nosov, V. V., Tarasov, V. B.** E`kologicheskaya bezopasnost` avtomobil`nogo transporta [Environmental safety of road transport] [Text]. – Moscow : Scientific Technical Publishing House, 1999. – 320 p.

3 **Dyakov, A. B., Ignatiev, Yu. V., Konshin, E. P.** E`kologicheskaya bezopasnost` transportny`x potokov [Environmental safety of traffic flows] [Text]. – Moscow: Transport, 1989. – 128 p.

4 **Volkov, V. S., Tarasova, E. V.** Monitoring gorodskoj okruzhayushhej sredy` s uchytom deyatel`nosti avtomobil`nogo transporta [Monitoring of the urban environment taking into account the activities of road transport] [Text] // Modern problems of science and education. – 2014. – № 2. – <https://science-education.ru/ru/article/view?id=12341>

5 **Donchenko, V. V., Kunin, Yu. I., Ruzsky, A. V., Vizhensky, V.** Metody` rascheta vy`brosov ot avtotransporta i rezul`taty` ix primeneniya [Methods of calculating emissions from vehicles and the results of their application] [Text]. // Journal of Automotive Engineers. – 2014. – № 3 (86). – P. 44 – 51.

6 **Parsaev, E. V., Malyugin, P. N., Teterina, I. A.** Metodika rascheta vy`brosov zagryaznyayushhix veshhestv dlya nestacionarny`x transportny`x potokov [Methodology for calculating pollutant emissions for non-stationary transport flows] [Text]. // Bulletin of SibADI. – 2018. – Volume 15, № 5. – P. 686–697.

7 **Tulenov, A. T., Gorskaya, N. A., Bekbolatov, G. Zh.** Metody` opredeleniya vy`brosov zagryaznyayushhix veshhestv avtotransportom [Methods of determining pollutant emissions by road] [Text] // Information and analytical journal «Actual problems of modern science». – 2015. – № 2 (81). – P. 152–154.

8 **Molodtsov, V. A., Guskov, A. A.** Opredelenie vy`brosov zagryaznyayushhix veshhestv ot avtotransporta : metodicheskie ukazaniya [Determination of pollutant emissions from vehicles : methodological guidelines] [Text]. – Tambov: Publishing House of FSBEI HPE «TSTU», 2014. – 22 p.

9 **Akunov, B. U.** Ezdovy`e cikly` dlya ocenki toplivnoj e`konomichnosti legkovy`x avtomobilej [Driving cycles to assess the fuel efficiency of passenger cars] [Text]. // Bulletin of Tajiks Technical University. – 2014. – № 1 (25). – P. 92–95.

10 **Manyashin, A. V.** Metodologiya issledovaniya gorodskix ezdovy`x ciklov avtomobilej [Methodology for the study of urban driving cycles of cars] [Text] // Architecture, construction, transport. – 2021. – № 4 (98). – P. 67–73.

11 **Raschetnaya instrukciya (metodika) po inventarizacii vy`brosov zagryaznyayushhix veshhestv avtotransportny`mi sredstvami v atmosfery`j vozdux** [Calculation instruction (procedure) for inventory of pollutant emissions by motor vehicles into the atmosphere] [Text]. // – Moscow : NIIAT, 2008. – 66 p.

Материал поступил в редакцию 24.11.22.

А. Төлепов¹, Ж. А. Шыңғысбаева², *Ф. Ж. Бекболатов³, А. С. Жүнісбеков⁴
^{1,2,3,4}М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,
Қазақстан Республикасы, Шымкент қ.
Материал 24.11.22. баспаға түсті

АВТОМОБИЛЬ КӨЛІГІНІҢ ҚОЗҒАЛЫС ЖАҒДАЙЛАРЫНЫҢ ҚОРШАҒАН ОРТА ЖАҒДАЙЫНА ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ

Автомобильдерден улы заттар шығарындыларының мөлшері жол қозғалысы ұйымдастыру жүйесін қалыптастырудың қала құрылысы-жоспарлау шарттарымен тікелей байланысты. Ғылыми мақалада автомобильдердің нақты қозғалыс жағдайлары автомобиль көлігінен қоршаған ортаға шығарылатын улы шығарындылардың мөлшеріне қалай әсер ететіндігі туралы зерттеу нәтижелері келтірілген. Автокөлік құралдарының пайдаланылған газдарындағы зиянды заттардың мөлшерін бағалаудың негізгі әдістерін салыстыру келтірілген. Зерттеу тобы автомобиль көлігі шығаратын зиянды заттардың мөлшерін бағалау үшін қала көшелеріндегі нақты қозғалыс жағдайында жүріс циклін зерттеді. Жүріс циклі қозғалтқыштың қиылыстың алдында «жасыл белгіні» күтіп тұрған «бос жүріс» жұмысына, рұқсат етілген сигналдан кейін орнынан қозғалуға және белгілі бір жылдамдыққа дейін үдетуге, белгілі бір жылдамдыққа жеткеннен кейін тұрақты жылдамдықпен қозғалуға және толық тоқтағанға дейін тежеуге негізделген. Автомобиль жолдарының әр түріндегі әр түрлі типтегі автомобильдердің орташа сағаттық шығарындылары әр түрлі қозғалыс режимдеріндегі автомобильдердің жұмыс уақытының арақатынасын ескере отырып анықталды.

Зерттеу нәтижелері қиылыстар арасындағы қашықтықтың ұлғаюы, реттелетін қиылыстары бар жолдардан әртүрлі деңгейдегі қиылыстары бар жолдарға ауысу улы заттардың шығарындыларының төмендеуіне әкелетінін және бос ағыннан ішінара байланысты немесе тығыз байланысты ағынға ауысу улы шығарындылардың көбеюіне әкелетінін көрсетеді.

Кілтті сөздер: автомобиль көлігі, улы заттардың шығарындылары, жүріс циклі, бос жүріс, үдемелі қозғалыс, тұрақты жылдамдықпен қозғалыс, тежелу.

*A. Tulenov¹, Zh. A. Shingisbaeva², *G. Zh. Bekbolatov³, A. S. Dzhunusbekov⁴*
 Auezov South Kazakhstan University, Republic of Kazakhstan, Shymkent
 Material received on 24.11.22.

STUDY OF THE EFFECT OF ROAD TRAFFIC CONDITIONS ON THE STATE OF THE ENVIRONMENT

The amount of toxic emissions from cars is directly related to the urban planning and planning conditions for the formation of a system of traffic organizations. The scientific article provides the results of a study on how real car traffic conditions affect the amount of toxic emissions from road transport on the environment. A comparison of the main methods of assessing the amount of harmful substances in the exhaust gases of vehicles is presented. The research group conducted a study of the traffic cycle in real traffic conditions on the streets of the city to assess the amount of harmful substances emitted by road. The driving cycle is based on the operation of the engine at «idle» in anticipation of the «green signal» in front of the intersection, starting after the permitting signal and accelerating to a certain speed, moving at a steady speed after reaching a certain speed and braking to a complete stop. The average hourly emissions of toxic substances for different types of cars on different types of roads were determined, taking into account the ratio of the operating time of cars in different traffic modes.

The results of the study show that increasing the distance between intersections, moving from roads with regulated intersections to roads with intersections of different levels leads to a decrease in toxic emissions, and the transition from free flow to partially-connected or tightly-connected leads to an increase in toxic emissions.

Keywords: road transport, toxic emissions, driving cycle, idling, acceleration, steady-state traffic, braking.

SRSTI 73.31.41

<https://doi.org/10.48081/IQJG8805>

**M. K. Kuanyshev¹, A. K. Kaukarov², G. Zh. Takhanova³*

^{1,2,3}Aktobe Regional University named after K. Zhubanov,
 Republic of Kazakhstan, Aktobe

IMPROVING THE DEVELOPMENT OF A PISTON RING BASED ON SOLID LUBRICANT

In the article, in relation to the similar conditions of use of internal combustion engines with a crank mechanism and the main indicators of a piston seal having the same design parameters (in particular, cylinder diameter, piston stroke), a comparative assessment of the indicators characterizing their duty cycle and indicator parameters of each of the engines is made (in particular, by the magnitude of the indicator tangential and circumferential force, torque and indicator power). The authors carried out work on the use of sealing in the form of rings with a contact surface based on a solid antifriction material – graphite.

It is concluded that, in relation to similar conditions of use, the indicator torques formed during the working cycle of these machines are not equal in magnitude. The indicator torque of the crank mechanism of the engine exceeds the corresponding torque of the internal combustion engine. This conclusion also applies to the ratio of the indicator capacities of the considered thermal machines.

Keywords: Internal combustion engine, crank mechanism, working fluid, piston, piston ring, grease.

Introduction

The piston seal in the form of a set of compression rings is one of the main elements of the engine that determines the reliability and efficiency of the engine. The efficiency of piston engines depends on a number of factors. Among them, friction losses, gas leaks during air compression and gas expansion largely determine the technical and economic performance of the engine. The design of compression rings in the form of two or three C-shaped rings made of alloyed cast iron has long been established in the engine industry [1]. At the same time, it is assumed that the sleeve is lubricated with drip oil from the crankcase, and the friction of the compression rings on the surface of the sleeve is liquid with a coefficient of friction equal to 0.07–0.08. However, in practice the situation is different.

Firstly, the oil does not get into the upper part of the sleeve, since it is blocked by the piston.

Secondly, the upper part of the sleeve has an elevated temperature, usually determined by the level of oil resistance and is a maximum of 220–230 °C. The temperature of the piston and cylinder is an important parameter for operational safety and service life. Exhaust gas temperatures vary between 600 to 850 °C for diesel engines,

and 800 to 1050 °C for gasoline engines. At this temperature, the oil liquefies and loses its lubricating properties [2].

Thirdly, during the combustion process, when the gas pressure increases sharply, gases penetrate through the joint between the ends of the ring into the cavity between the ring and the piston body and create an additional force pressing the rings against the cylinder liner mirror, much exceeding the force set by the elasticity of the ring. Due to the heat capacity, the piston and other parts in the combustion chamber, it is impossible to accurately determine temperature fluctuations. But it can still be argued that there is a small amplitude of change in the temperature of the piston, albeit a few degrees, depending on the stroke, whether it is the intake or the working stroke. The bottom of the piston is the first to be heated by incandescent gases and absorbs a different amount of heat, depending on the stroke, engine speed and load. The high temperature is primarily discharged through the piston rings to the cylinder walls, and to a lesser extent, by the piston skirt.

Materials and methods

As a result, the friction in the cylinder liner, especially in its upper part, increases significantly. In this case, attention should be paid to the form of wear of the working surface of the compression rings and the surfaces of the upper and lower ends. They differ in shape and size in different engine models, and these differences mainly depend on the ratio of the height of the compression rings, the radial thickness and the size of the gap between the upper shelf of the piston groove and the upper end of the compression ring (Figure 1). It is known from the theory of friction and wear that wear is directly related to friction, which clearly confirms the increased friction of compression rings in the upper part of the cylinder liner [2].

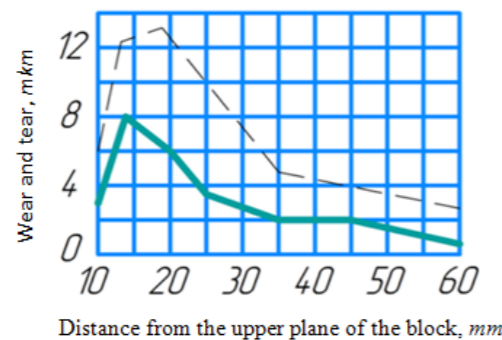


Figure 1 – The dependence of the wear of the cylinder liner on the height of the cylinder liner forming: solid line – average wear in eight directions, dotted line – maximum wear

Analyzing the above graph, if we assume that at a distance of 60 mm from the top of the sleeve, friction corresponds to liquid friction with a coefficient of friction of 0.07–0.08, then within the first 20 mm of the piston stroke, wear is 6–8 times more intense, which can only be with semi-dry or even dry friction of the rings. This means that the coefficient of friction in this part of the cylinder is at least 0.4–0.6.

The friction of the rings in the cylinder liner leads to a distortion of the cylindrical shape of the sleeve, which leads to a violation of the tightness of the piston contact [5] and a decrease in the quality of the engine (Figure 2).

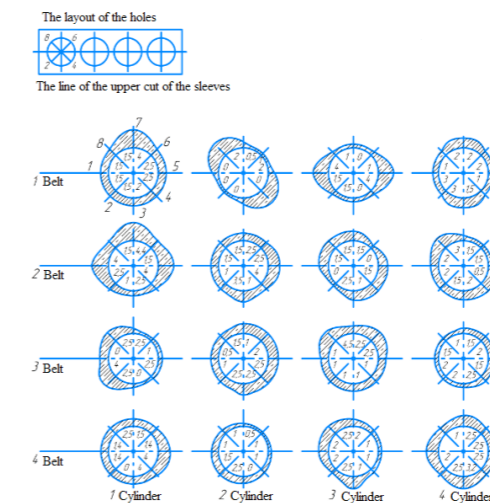


Figure 2 – The plot of the wear distribution along the cylindrical surface in the radial direction along the four belts of the cylinders of the internal combustion engine

Due to the wear processes in the piston contact, compression in the cylinders decreases after the first 500 hours of operation, which leads to a deterioration in the technical and economic indicators of the engine with a tendency to progressive deterioration of all indicators. Usually, the inter-repair period of automotive engines is assumed to be equal to 3000 engine hours. According to engine tests in real operating conditions, all engine parameters have changed significantly (compression, torque, effective power). At the same time, at the end of the inter-repair period, the specific fuel consumption doubled, which led to a corresponding increase in operating consumption.

In the field of improving the piston seal, there are a number of ring designs aimed at reducing friction losses and wear of both rings and cylinder liners. There are rings with a conical contact surface of different directions (minute and five-minute), L-shaped, triangular, etc. However, in an internal combustion engine, a piston seal with conventional rectangular rings remains one of the most conservative components in terms of design.

Results and discussion

The authors carried out work on the use of sealing in the form of rings with a contact surface based on a solid antifriction material – graphite [2]. Graphite is used in engineering as an antifriction material [9]. The use of graphite as a solid lubricant in a movable contact was adopted by analogy with the movable contacts of electric machines, where it is also required to have a tight contact of mutually moving elements and minimal wear of the contacting surfaces [7,8]. The coefficient of friction of graphite and composite materials based on it is equal to 0.15-0.20.

The seal design consists of two rings made of bronze or steel, located in a common annular groove in the piston. Each of the rings consists of two half-rings having a stepped joint of half-rings in a vertical plane, while the joints of the upper and lower rings are located in 90 degrees relative to each other. The half-rings are unclenched and pressed against the cylinder liner mirror by springs. At the same time, the stepped joints slide over each other within certain design limits, which eliminates the breakthrough of gases through the locks of the rings into the space under the rings (Figures 3-4).

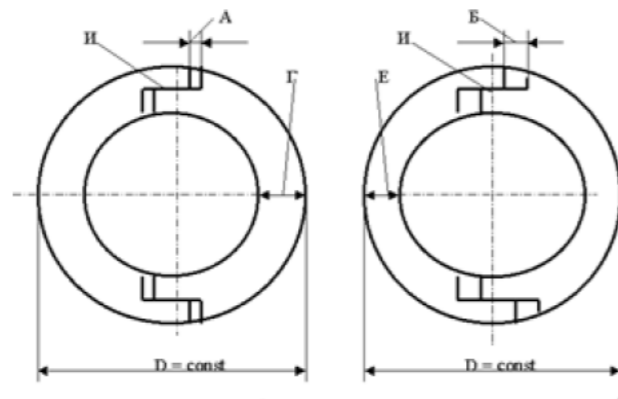


Figure 3 – Design of compression rings with solid lubrication and stepped joint of half rings

H – the sliding surface of the half-rings docking; A – the mounting gap; B – the permissible increase in the gap when the half-rings are worn; Gamma – the width of the new ring; E – the width of the ring at the point of maximum wear, D = const – the diameter of the sleeve.

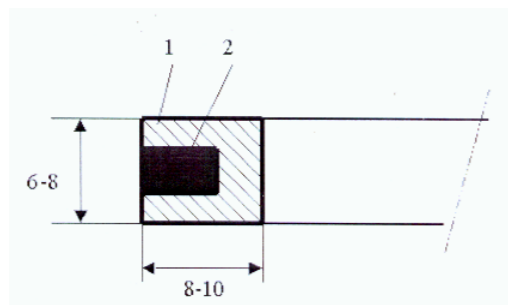


Figure 4 – Cross section of the ring: 1 – metal (bronze or steel); 2 – graphite filling (figures – dimensions in mm.)

The seal design was tested on an experimental engine based on the UD-2M engine with cylinders with a diameter of 72 mm [3]. The engine has been upgraded for cylinder operation conditions without lubrication in dry seal mode. As a result of experiments, it was found that the seal provides compression at the level of the engine’s nominal value, the friction of the piston shift with the experienced pistons in the cylinder liner

is 58 % of that for a standard seal with sleeve lubrication. Experiments to assess the intensity of wear with wear measurement using three methods (direct measurement of dimensions at the point of maximum wear, measurement of changes in ring mass and measurement of chord changes on the cylindrical surface of the ring, the method according to STST [4]) showed the operability of the piston seal, its reliability, as well as a resource commensurate with the resource of a typical seal, but, unlike the typical variant, without a noticeable decrease in quality indicators throughout the entire period of operation [8].

At the same time, an analysis of the operation of the pilot seal showed that not all potential opportunities for improving the quality of the piston seal were achieved [3,9]. To ensure the tight fit of the cylindrical surface of the rings to the cylinder mirror, the rings must be movable and constantly pressed by springs to the contacting surface of the sleeve. Taking into account the temperature deformations, the rings in the annular groove of the piston were installed with a gap. When the piston moves up or down, the rings are pressed against the upper or lower end surface of the annular groove due to friction. When a cyclic dose of fuel is burned, an increased gas pressure occurs in the over-piston volume of the cylinder [3]. Since the piston body has a certain gap, and the rings are pressed against the cylinder mirror by springs, the gas pressure acts on the upper end surface of the ring and presses the package of rings down within the gap. In this case, gases enter the gap above the upper ring into the annular cavity, creating an additional force of pressing the rings against the cylinder liner mirror. Accordingly, there is an additional force for the movement of the piston, as well as increased wear of the rings.

To eliminate this effect, a new ring design was developed. They are also made of two half-rings, have stepped joints of half-rings, two rings are located in a common annular groove in the piston. The difference lies in the shape of the cross sections of the rings.

The upper ring has a rectangular cross-section. To press it against the cylinder liner mirror, one or two C-shaped springs are used with joints placed in diametrically opposite places [7,9]. This ensures that the semi-rings are pressed against the contact surface of the sleeve without distortions.

The lower ring has a smaller diameter of the inner hole, and there is an angular bevel in its lower part. A steel C-shaped spring is placed in the corner groove under the ring. Acting on the angular surface, the spring simultaneously presses the lower half-rings to the cylinder liner mirror, and also creates a force that presses the entire set of rings to the upper end surface of the annular groove. Due to this, the breakthrough of gases into the annular cavity is excluded.

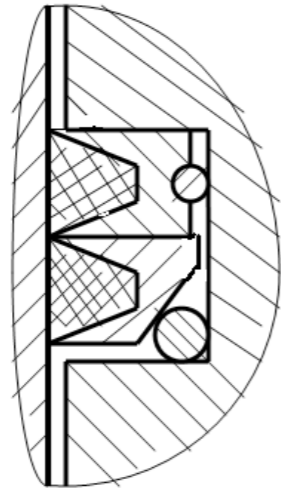


Figure 5 – Cross section of the package of half-rings with by pressing the rings to the upper end the surface of the annular groove by means of an annular spring and an oblique cut of the edge of the lower ring

The design of the ring allows you to calculate the main characteristics of such a piston seal. Thus, the pressing force of the upper ring can be determined by analogy with the brushes of electric machines. A specific pressure of 0.2 kg/cm^2 is recommended for them [9].

So, if the rings are designed for a cylinder with a diameter of 72 mm, and the height of the ring is assumed to be 6 mm, the area of pressing the ring against the cylinder mirror is approximately 1/3 on each side. At the accepted dimensions, the area of the force contact is about 23 cm^2 . At a specific pressure of 0.2 kg/cm^2 , the spring force for the upper ring should be equal to 0.46 kg. This is easy to adjust by placing the piston with the rings on a flat surface and loading the ring with a load at the top until the ring is completely drowned in the piston groove.

If the piston body has a gap in the cylinder liner of 0.25 mm (0.125 mm per side), the end surface of the ring in the gap perceives the pressure of gases at the time of the combustion phase, the area of such a surface is about 0.26 cm^2 . At a gas pressure of 70 kg/cm^2 at the moment of combustion, the force squeezing the package of rings from the upper edge of the annular groove is 19 kg. Since the force of 19 kg is directed upwards, and in order to press the half-rings to the sleeve mirror, a horizontal force of about 0.5 kg is required, the angle of the bevel of the edge of the lower half-rings is determined [3.5]. At the given values, it is approximately 10° with respect to the horizontal surface when using a spring with greater elasticity.

Conclusions

The considered design of the piston seal is applicable both for traditional engines with cylinder lubrication with drip oil, and for new engine designs in which the oil sump is isolated from hot cylinders operating with the use of solid lubricant.

Thus, the rings during engine operation have a tight contact with the cylinder liner mirror, and are also pressed against the upper end surface of the annular groove in the

piston, which creates a sealed contact and eliminates the appearance of additional forces pressing the ring to the sleeve surface, providing minimal friction and low wear of the rings and the sleeve.

REFERENCES

- 1 Ginsburg, B. Ya. Teoriya porshneвого kol'ca. M.Mashinostroenie, 1979. – 247 p.
- 2 Nuralin, B., Kuanyshchev, M., Murzagaliev, A., Kaukarov, A., Utebayev, I. Evaluation of the ratios of the main indicators of The dry sealing of the cylinder-piston group of internal Combustion engines using a solid lubricant. – TRANSPORT PROBLEMS 2022. – Vol. 17. – Issue 3. – P. 99–110.
- 3 Bazhenov, Yu, Kirillov, A. and M Bazhenov. Examination of engine cylinder-piston group damages IOP Conf. Series : Materials Science and Engineering. – 896. – (2020).
- 4 GOST 27860-88. Detali trushchihsya sopryazhenij. Metody izmereniya iznosa. M. Gosudarstvennyj komitet SSSR po upravleniyu kachestvom produkcii i standartam (utverzhen v Kazahstane). Vveden 1990.01.01. – Moscow : Gosudarstvennyj komitet SSSR po standartam, 1989. – 30 p.
- 5 Sharoglazov, B. A, Kuanyshchev, M. K., Podsedov, K. D. Calculation-analytical estimation of the working cycle parameters of the crankless and crank engines under similar loading conditions Lecture Notes in Mechanical Engineering. – 2019. – P. 109–118.
- 6 Zarenbin, V. G. K raschetu techeniya gazov cherez kol'cevye uplotneniya DVS s uchetom dinamiki porshnevnyh kolec / V. G. Zarenbin, T. N. Kolesnikova // DVS. Vseukrainskij nauchno-tehnicheskij zhurnal. – № 1. – 2017. – P. 27–33.
- 7 Sobachkin, A. V. Poluchenie kompozicionnyh materialov sistemy Ti–Al–Nb metodom vysokotemperaturnogo sinteza /A. V. Sobachkin, M. V. Loginova, A. A. Sitnikov i dr. // Evolyuciya defektnyh struktur v kondensirovannyh sredah : sbornik tezisov XVI Mezhdunarodnoj shkoly-seminara. – 2020. – P. 159–160.
- 8 Sinicyn, V. A. Ocenka teplovogo sostoyaniya detalej cilindro-porshnevoj gruppy dvigatelej vnutrennego sgoraniya s pomoshch'yu kriteriev/ V. A. Sinicyn, A. A. Balashov, A. G. Kuz'min// Altajskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitetim. I. I. Polzunova. – Barnaul : Polzunovskij al'manah, № 3, 2018. – P. 10–16.
- 9 Kuanyshchev, M. The improvement of friction bearing manufacturing technology by using copper alloy JTP / M. Kuanyshchev, B. Nuralin, B. Salimov, A. Kaukarov, A. Murzagaliev K. Narikov. // International Journal of Advanced Manufacturing Technology of plasticity. – JAN 2017. – Vol. 88. – Release: 1–4. – P. 317–324.
- 10 GOST 30480. Obespechenie iznosostojkosti izdelij. Metody ispytanij na iznosostojkost'. Obshchie trebovaniya. Vveden 1998.07.01. Minsk. Mezhdunarodnyj sovet po standartizacii, metrologii i sertifikacii. – Izdatel'stvo standartov, 1998. – 16 p.

Material received on 24.12.22.

**М. К. Қуанышев¹, А. К. Каукаров², Г. Ж. Таханова³*

Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті,

Қазақстан Республикасы, Ақтөбе қ.

Материал баспаға түсті 24.11.22.

ҚАТТЫ МАЙЛАУ НЕГІЗІНДЕ ПОРШЕНЬДІК САҚИНАНЫ ДАМЫТУДЫ ЖЕТІЛДІРУ

Мақалада іштен жану қозғалтқышын КШМ-мен қолданудың ұқсас шарттарына және бірдей құрылымдық параметрлері бар поршеньді тығыздаудың негізгі көрсеткіштеріне (атап айтқанда, цилиндрдің диаметрі, поршень жүрісі) қатысты, олардың жұмыс циклін және қозғалтқыштардың әрқайсысының индикаторлық параметрлерін сипаттайтын көрсеткіштерді салыстырмалы бағалау жасалады (атап айтқанда, тангенциалды және айналмалы күштердің индикаторлық шамасы, айналу моменті және индикаторлық қуат). Авторлар қатты үйкеліске қарсы материал-графит негізінде жанасу беті бар сақиналар түріндегі тығыздағышты пайдалану бойынша жұмыс жүргізді.

Осы машиналардың жұмыс циклі кезінде қалыптасқан ұқсас пайдалану жағдайларына қатысты индикаторлық моменттер шамасы бойынша тең емес деген қорытынды жасалады. Қозғалтқыштың КШМ индикаторлық айналу моменті іштен жану қозғалтқышының тиісті моментінен асады. Бұл қорытынды қарастырылып отырған жылу машиналарының индикаторлық қуаттылығының арақатынасына да қатысты.

Кілтті сөздер: Іштен жану қозғалтқышы; иінді-шатунды механизм, жұмыс сұйықтығы, піспек, піспек сақинасы, майлау.

**М. К. Қуанышев¹, А. К. Каукаров², Г. Ж. Таханова³*

Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова,

Республика Казахстан, г. Ақтобе.

Материал поступил в редакцию 24.11.22.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ ПОРШНЕВОГО КОЛЬЦА НА ОСНОВЕ ТВЕРДОЙ СМАЗКИ

В статье применительно к сходственным условиям использования двигателей внутреннего сгорания с кривошипно-шатунным механизмом и основных показателей поршневого уплотнения, обладающих одинаковыми конструктивными параметрами (в частности, диаметром цилиндра, ходом поршня), делается сравнительная оценка показателей, характеризующих их рабочий цикл и индикаторные параметры каждого из двигателей (в частности, по величине индикаторных тангенциального и окружного усилий, крутящего момента и индикаторной мощности). Авторами проведена работа по использованию уплотнения в виде колец с контактной поверхностью на основе твердого антифрикционного материала – графита.

Делается заключение, что, применительно к сходственным условиям использования, формируемые в течении рабочего цикла этих машин индикаторные крутящие моменты не равны по величине. Индикаторный крутящий момент кривошипно-шатунного механизма двигателя превышает соответствующий момент двигателя внутреннего сгорания. Этот вывод распространяется и на соотношение индикаторных мощностей рассматриваемых тепловых машин.

Ключевые слова: Двигатель внутреннего сгорания, кривошипно-шатунный механизм, рабочая жидкость, поршень, поршневое кольцо, смазка.

*А. М. Биниязов¹, А. С. Денисов²¹Западно Казахстанский инновационно-технологический университет, Республика Казахстан, г. Уральск;²Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А., Российская Федерация, г. Саратов**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ
ФОРСИРОВАННЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕМ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕМОМ МАСЛА
В СМАЗОЧНОЙ СИСТЕМЕ**

Актуальной задачей по повышению надёжности автотракторных двигателей является совершенствование процессов смазки. В качестве моющих и диспергирующих присадок используют высокощелочные сульфонаты, алкилсалицилаты а также алкилфеноляты и различные другие соли сульфокислот и карбоновых кислот и от их концентрации в масле зависит снижение интенсивности образования углеродистых отложений. На основе закона действующих масс получена зависимость концентрации исходного вещества от времени. При составлении исходного дифференциального уравнения расхода щелочной присадки в процессе работы учтено параметры долива масла.

Проведены эксплуатационные исследования по определению рациональной периодичности замены моторного масла, а также приведены результаты обработки экспериментальных данных. Обоснована оптимальная периодичность замены масла в форсированных дизелях КАМАЗ–ЕВРО, которая аппроксимируется полиномом второй степени. Определена оптимальная наработка до замены масла по различным группам автомобилей КАМАЗ–ЕВРО.

С учетом различия в интенсивности изменения щелочности масла в процессе работы были определены параметры зависимости по различным группам автомобилей. Получены погрешность щелочности при доверительной вероятности 80 %. Определены нормативные (предельные) значения показателей состояния моторного масла для форсированных двигателей КАМАЗ–ЕВРО

Ключевые слова: форсированные дизели, моторное масло, периодичность замены масла, нормативные показатели масла, Камаз.

Введение

Повышение надёжности автотракторных двигателей является важной задачей для экономики страны. Отказы двигателей, обусловленные изнашиванием, вызывают длительный простой техники, значительный расход запасных частей, усложняет эксплуатацию машин. В нашей стране на выпуск запасных частей расходуется до 50 % средств, отведенных на выпуск новых машин [1].

Стоимость капитального ремонта автотракторных двигателей составляет 70–80 % от их стоимости, а вторичный ресурс составляет 30–40 % [2]. За весь срок службы автотракторных двигателей на обеспечение их работоспособности расходуется средств в 5–6 раз больше, чем на изготовление [7]. Поэтому повышение надёжности автотракторных двигателей совершенствованием процессов смазки является актуальной задачей.

Материалы и методы

Содержание присадок в моторных маслах с форсированием автомобильных двигателей постоянно повышается. Особенно это относится к моюще-диспергирующим и вязкостным присадкам. Назначение моюще-диспергирующих присадок – снижение интенсивности образования углеродистых отложений, главным образом на цилиндропоршневой группе и турбокомпрессоре. В качестве моющих и диспергирующих присадок используют высокощелочные сульфонаты, алкилсалицилаты, а также алкилфеноляты и различные другие соли сульфокислот и карбоновых кислот.

Моющие присадки по своему действию делят на детергенты и дисперсанты. Детергенты (detergents) [1] являются поверхностно-активными веществами, обладающими моющими свойствами, защищающими поверхность деталей от прилипания и скопления на них продуктов окисления. Анионными детергентами обычно бывают маслорастворимые алкилбензолсульфонаты, фосфонаты и другие аналогичные соединения. Они имеют щелочные свойства и являются эффективными нейтрализаторами кислых продуктов окисления.

Сульфонаты, фосфонаты и другие детергенты являются солями металлов, поэтому при сгорании образуют золы. Такие присадки называют высокочелочными. В настоящее время, наряду с ними, используются новые органические синтетические детергенты, которые называются малозольными или беззольными присадками. В современных моторных маслах применяют сложные композиции из обоих детергентов. Особую активность детергенты проявляют в горячем двигателе, что следует учитывать при замене масла.

Дисперсанты (dispersants) [1] подавляют агломерацию и слипание продуктов окисления, образование шлама и осаждение смолистых отложений на поверхности деталей. В качестве дисперсантов обычно используются полимеры с полярными группами и сукцинимиды. Дисперсанты поддерживают коллоидные частицы продуктов окисления и загрязнений во взвешенном состоянии. В основном они поддерживают чистоту непрогретого двигателя. При эффективной работе дисперсантов моторное масло темнеет, а диспергированные мелкие продукты окисления не забивают фильтры и не осаждаются на горячих деталях двигателя.

Закономерности изменения концентрации присадок в масле в процессе эксплуатации основаны на законах химической кинетики. Скорость химической реакции в растворе определяется изменением числа молекул вещества dn в единицу времени dt в единице объёма V

$$v = \pm \frac{1}{\nu} \cdot \frac{dn}{dt} \quad (1)$$

Знак плюс «+» используют, если скорость определяется по продукту, а минус «-» по исходному веществу.

Скорость реакции зависит от природы реагирующих веществ, их концентрации, температуры и наличия катализатора. Зависимость скорости реакции от концентрации описывается законом действующих масс: скорость химической реакции в каждый момент времени пропорциональна текущим концентрациям реагирующих веществ C , возведённым в некоторые степени

$$v = kC_A^x C_B^y \quad (2)$$

где k – константа скорости (не зависящая от концентрации);

x, y – некоторые числа, которые называют порядком реакции по веществам А и В, соответственно.

На основе закона действующих масс получена зависимость концентрации исходного вещества от времени

$$v = kC_A^x C_B^y \quad (3)$$

Интегрируя это уравнение в пределах от 0 до t получим

$$-\frac{dC_A}{dt} = kC_A \quad (4)$$

Работа автомобильного двигателя оценивается пробегом автомобиля, который при сложившихся условиях эксплуатации прямо пропорционален времени. Поэтому уравнения (3) и (4) с использованием пробега l примут вид

$$-\frac{dC_A}{dl} = kC_A \quad (5)$$

$$C = C_0 \exp(-kl) \quad (6)$$

Схематично зависимость (6) приведена на рисунке 1.

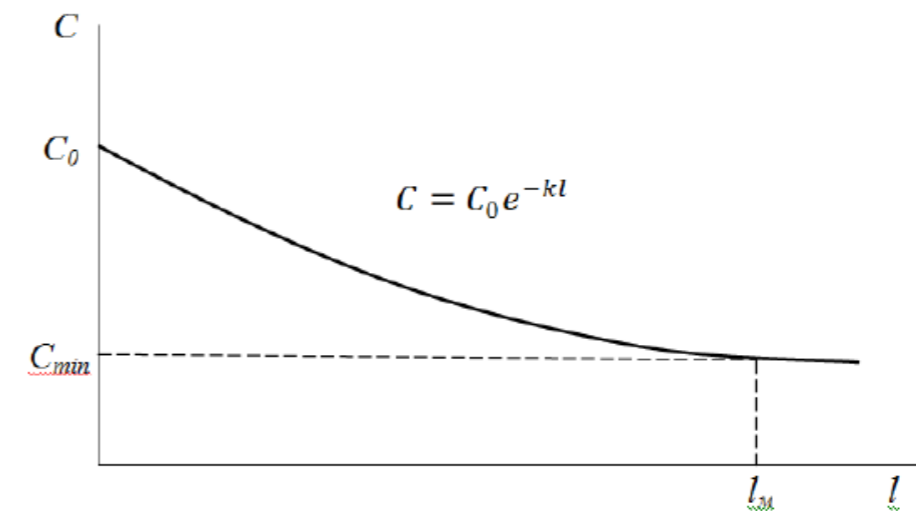


Рисунок 1 – Закономерность изменения щёлочности моторного масла в процессе работы без долива

Однако эти уравнения справедливы при постоянном объёме масла в смазочной системе. В процессе эксплуатации автомобиля повышается расход масла на угар, предельное значение которого составляет 2–2,5 % [2]. Так для автомобиля КАМАЗ–6520 с двигателем КАМАЗ–740.51–320 расход топлива составляет 39 л/100 км. При месячном пробеге 4,5–5 тыс. км (по отчётным данным) расход масла на угар составит 35–48 л. Даже если принять средний расход масла на угар в два раза меньше предельного, то расход масла в месяц составит 17–24 л, что соизмеримо с объёмом смазочной системы.

Поэтому при составлении исходного дифференциального уравнения расхода щелочной присадки в процессе работы необходимо учитывать параметры долива масла. В процессе эксплуатации двигателя с постоянным количеством масла G в масляной системе (при доливе масла, равном его угару), количество щелочной присадки c зависит от исходного c_0 количества, интенсивности расхода α_c щелочной присадки, отнесённой по всему количеству масла в системе в долях единицы s , на нейтрализацию продуктов окисления, интенсивности угара Q_y и долива Q_d масла [1].

За пробег dl количество щелочной присадки уменьшается на dc в единице объёма масла или Gdc во всём объёме. Такое уменьшение произойдёт из-за расхода щелочной присадки на нейтрализацию продуктов окисления за этот пробег $\alpha_c cdl$, потери щелочной присадки со сгоревшим маслом $Q_y cdl$ и поступления щелочной присадки при доливе масла $Q_d c_0 dl$; поскольку $Q_y = Q_d = Q$

$$Gdc = \alpha_c cdl + c_0 Qdl. \quad (7)$$

Интенсивность, долю α_c расхода единицы щелочной присадки за единицу пробега на нейтрализацию продуктов окисления принимают пропорциональной содержанию серы в топливе и расходу топлива.

После математических преобразований и решения уравнения вначале относительно l получают затем зависимость щёлочности c от пробега l :

$$c = \frac{c_0 \left(Q + \alpha_c e^{-\frac{(Q+\alpha_c)l}{G}} \right)}{Q + \alpha_c} \quad (8)$$

При снижении щёлочности ниже значения $c_{\text{сп}}$ увеличивается коррозионный износ из-за неполной нейтрализации кислот. Поэтому если уровень первоначальной щёлочности c_0 большой, а $c > c_{\text{сп}}$ при значительном пробеге, то срок замены масла определяется накоплением загрязнений. Схематично процесс изменения щёлочности при доливе масла показан на рисунок 2.

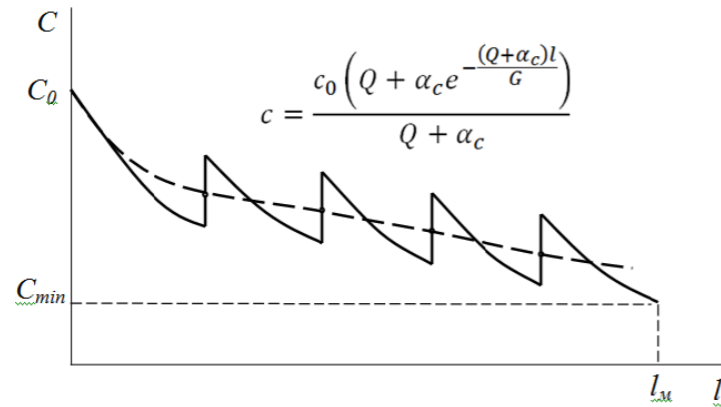


Рисунок 2 – Закономерность изменения щёлочности моторного масла в процессе работы с доливом

В процессе эксплуатации форсирования двигателей, в том числе и использованием турбонаддува, существенно повышается температура деталей, что не учтено в дифференциальном уравнении (7). Скорость большинства реакций увеличивается с ростом температуры (термоактивируемые процессы). Для количественного описания температурных эффектов в химической кинетике используется уравнение Аррениуса

$$k(T) = A \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) \quad (9)$$

где R – универсальная газовая постоянная;

A – множитель, определяемый природой реакции;

E_a – энергия активации;

T абсолютная температура в $^{\circ}\text{K}$.

Если в мало форсированных двигателях температура деталей по мере отложения продуктов окисления масла возрастала на $5-7^{\circ}\text{C}$ [2], то в форсированных турбонаддувом дизелях – на $20-30^{\circ}\text{C}$. Это необходимо учитывать при составлении дифференциального уравнения (7). Запишем его в виде

$$Gdc = -(\alpha_{co} + bl)c - CQdl + C_0Qdl \quad (10)$$

Решение уравнения с помощью программного средства «Matlab 6.5» [3] позволило получить следующее уравнение в общем виде

$$C = -\frac{\sqrt{2}}{2} \sqrt{\left(\frac{\pi b}{G}\right)} C_0 Q \operatorname{erf} \left(\frac{\sqrt{-2\frac{b}{c_m}} l - \frac{2\alpha_{co} + 2Q}{2G\sqrt{-2\frac{b}{c_m}}}}{2} \right) \cdot \frac{\exp\left(-\frac{b(2\alpha_{co}+bl+2Q)}{2G} - \frac{(2\alpha_{co}+2Q)^2}{8Gb}\right)}{b} + \exp\left(-\frac{b(2\alpha_{co}+bl+2Q)}{2G}\right) C_1 \quad (11)$$

начальных условиях: при $l=0, C=C_0$ получим следующее выражение

$$C = -\frac{\sqrt{2}}{2} \sqrt{\left(\frac{\pi b}{G}\right)} C_0 Q \operatorname{erf} \left(\frac{\sqrt{-2\frac{b}{c_m}} l - \frac{2\alpha_{co} + 2Q}{2G\sqrt{-2\frac{b}{c_m}}}}{2} \right) \cdot \frac{\exp\left(-\frac{b(2\alpha_{co}+bl+2Q)}{2G} - \frac{(2\alpha_{co}+2Q)^2}{8Gb}\right)}{b} + \exp\left(-\frac{b(2\alpha_{co} + bl + 2Q)}{2G}\right) C_0 \cdot \frac{\left(-\exp\left(-\frac{\alpha_{co}Q}{Gb}\right)\sqrt{2}\sqrt{\frac{\pi b}{G}} \operatorname{erf}\left(\frac{\alpha_{co}+Q}{G\sqrt{-2\frac{b}{c_m}}}\right)\exp\left(-\frac{(\alpha_{co}^2+Q^2)}{2Gb}\right)+2b\right)}{\exp\left(-\frac{\alpha_{co}Q}{Gb}\right)\exp\left(\frac{\alpha_{co}Q}{Gb}\right)b} \quad (12)$$

Видно, что в уравнение входит функция erf , которая имеет характер кумулятивной кривой. Это свидетельствует о наличии точки перегиба в функции щёлочности от наработки. То есть, с начала работы свежего масла резко снижается его щёлочность, но скорость реакции снижается и стабилизируется.

Затем вследствие роста температуры деталей из-за отложений скорость реакции возрастает. Схематично это представлено на рисунке 3.

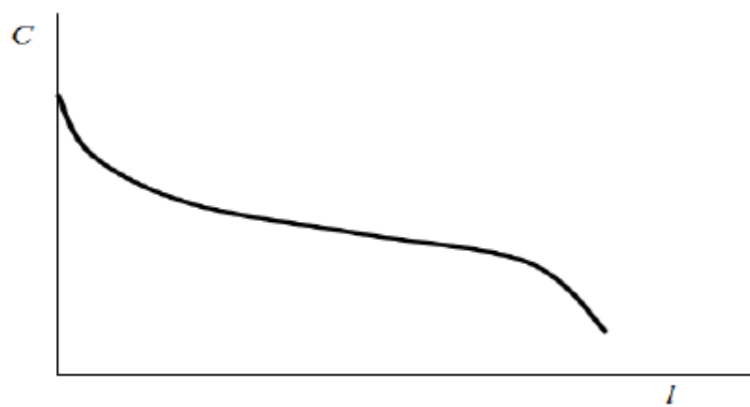


Рисунок 3 – Закономерность изменения щёлочности моторного масла в процессе работы с доливом и с учётом влияния температуры деталей

Как видно из выражения (12) оно имеет сложный характер, хотя и получено с учётом допущений. Поэтому для практического прогнозирования щёлочности моторного масла в процессе работы это уравнение целесообразно аппроксимировать полиномом третьей степени, имеющем точку перегиба, как и исходное уравнение

$$y = a + bl + cl^2 + dl^3 \quad (13)$$

где a, b, c, d – параметры кривой, определяемые по экспериментальным данным методом наименьших квадратов.

Такой характер кривой объясняет такую устойчивую эксплуатационную особенность, что 50 % износа деталей двигателя происходят в последние 20 % его срока службы [4]. Поэтому от наработки до замены масла существенно зависит надёжность двигателя.

Вязкостные присадки применяются для улучшения вязкостно-температурных характеристик. В иностранной литературе их называют улучшающими индекс вязкости или модификаторами индекса вязкости (*viscosity index improvers, viscosity index modifiers – VIM*). К вязкостным присадкам относятся и депрессанты температуры застывания, действие которых основано на подавлении гелеобразования при низкой температуре из-за кристаллизации парафина.

В качестве вязкостных (загущающих) присадок используют полиизобутилены и полиметакрилаты [1]. Эффект их применения зависит от особенностей масляной основы и объясняется свёртыванием их молекул кольцом при низких температурах и развёртыванием при высоких, что способствует возрастанию вязкости.

Накопление в масле в процессе работы асфальто-смолистых компонентов вызывает повышение его вязкости. Однако вследствие неудовлетворительной

работы топливной аппаратуры дизелей, особенно на частичных режимах, часть топлива не сгорает, а попадает в картер двигателя. Вследствие этого вязкость масла снижается в процессе работы.

Для форсированных автотракторных двигателей характерно снижение вязкости масла в процессе работы. Это обусловлено ухудшением состояния топливной аппаратуры. За наработку 16–20 тыс. км, то есть до замены масла, давление впрыска топлива форсунками снижается на 15–20 % [2], что существенно ухудшает качество распыливания и испаряемость. При этом всё большая доля топлива не сгорает, а попадает в картер и разжижая масло. Поэтому тенденцию снижения вязкости моторного масла в процессе работы можно принять аналогичной тенденции снижения щёлочности, то есть использовать уравнение (13).

Справедливость такого механизма снижения вязкости моторного масла в процессе работы подтверждается и снижением температуры вспышки. Это свидетельствует об увеличении доли лёгких (топливных) фракций в масле. Тенденцию изменения этого показателя в процессе работы масла также можно описать уравнением (13).

Таким образом, изменение показателей состояния моторного масла в процессе работы форсированных двигателей характеризуется тремя фазами вследствие роста температуры из-за отложений на деталях. Это особенно обуславливает срок замены моторного масла.

Результаты и обсуждение

Для определения рациональной периодичности замены моторного масла были проведены эксплуатационные исследования на автомобилях КАМАЗ-ЕВРО в Управлении технологического транспорта «Югтрансгаз» в течение двух лет. Анализ проб масла проводили на 20 автомобилях через 2 тыс. км пробега масла. Всего было проанализировано более 100 проб масла.

Использовали масло Shell Rimula R3 X SAE 15W40, которое является аналогом масла М10Д(м) по ГОСТ 8581. При анализе проб масла определяли: кинематическую вязкость, cSt , температуру вспышки в открытом тигле, $^{\circ}C$, загрязнённость, cm^{-1} , щелочное число, мг КОН/г масла, плотность при $20^{\circ}C$, g/dm^3 , массовая доля воды, %. Параметры определяли по общепринятой в лаборатории методике [5–10].

Результаты обработки собранных экспериментальных данных приведены на рисунках 4–7 и в таблице 1.

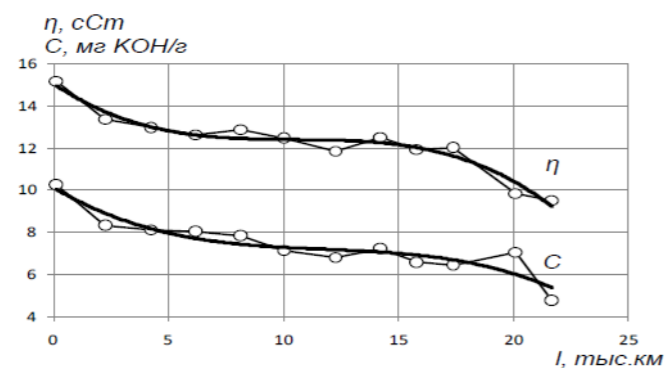


Рисунок 4 – Изменение щёлочности C и вязкости η в процессе работы моторного масла по автомобилям КАМАЗ-ЕВРО

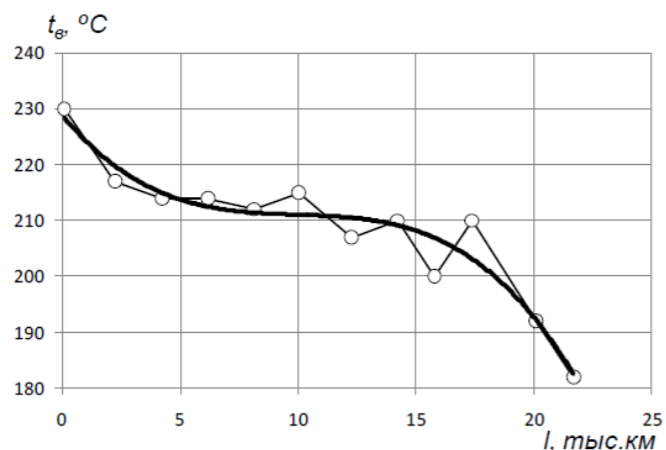


Рисунок 5 – Изменение температуры вспышки t_b в процессе работы моторного масла по автомобилям КАМАЗ-ЕВРО

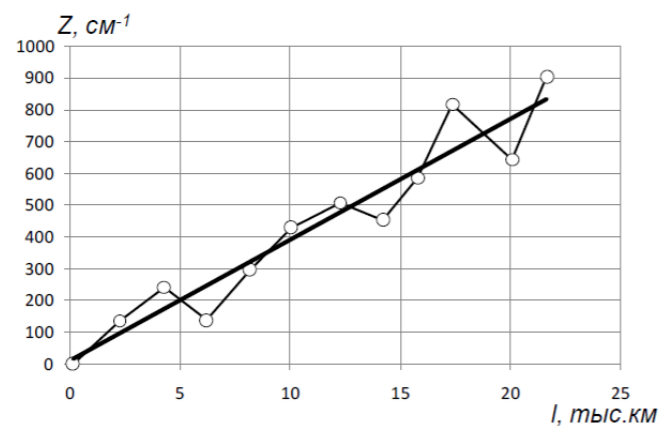


Рисунок 6 – Изменение загрязнённости Z в процессе работы моторного масла по автомобилям КАМАЗ-ЕВРО

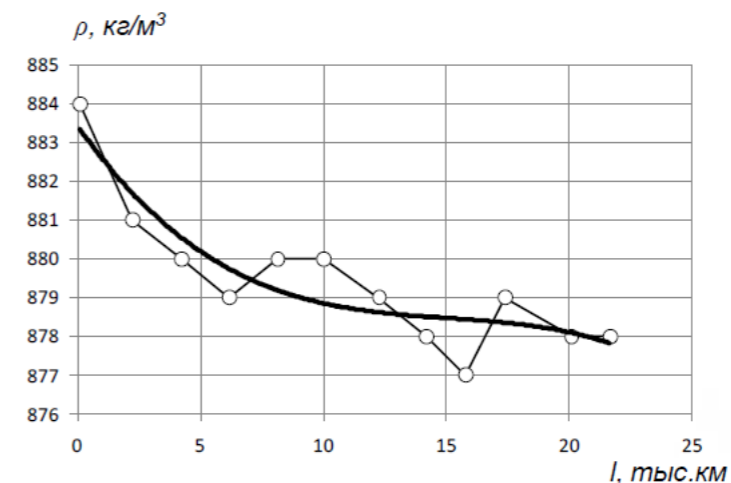


Рисунок 7 – Изменение плотности ρ в процессе работы моторного масла по автомобилям КАМАЗ-ЕВРО

Судя по параметру достоверности R^2 , экспериментальные данные с высокой теснотой связи подтверждают аналитические зависимости. Исключение составляет лишь загрязнённость масла. Рост интенсивности загрязнения масла в процессе работы, вероятно, обусловлен общим ухудшением очистки воздуха из-за потери герметичности уплотнений.

Обычно считают допустимым снижение щелочности в процессе работы в два раза от исходного уровня [1-4]. Судя по кривой (рисунок 4) и параметрам (таблица 1), периодичность замены масла может быть 16–18 тыс. км. Окончательно средняя периодичность замены масла может быть определена по экономическому критерию – минимуму суммарных удельных затрат на замену масла и на обеспечение работоспособности двигателя.

Вязкость за время работы масла до замены снижается почти вдвое, что существенно снижает надёжность в первую очередь подшипников коленчатого вала. Снижение плотности и температуры вспышки в процессе работы масла обусловлено попаданием в него топлива, что говорит о неудовлетворительном состоянии топливной аппаратуры.

Загрязнённость масла за время его работы возрастает более чем в пять раз. Это свидетельствует о неудовлетворительном состоянии систем очистки масла и воздуха. То есть видны резервы повышения качества технического обслуживания автомобилей.

Согласно собранным в опорных предприятиях отчётным данным по затратам на профилактику и текущий ремонт двигателей КАМАЗ-ЕВРО средняя стоимость масла составляет 200 руб./л.

Таблица 1 – Параметры зависимости показателей состояния моторного масла от наработки

Показатели состояния	a	b	c	d	R2
η , сСт	15,02	-0,703	0,068	-0,002	0,95
C, мг КОН/г	10,08	-0,646	0,050	-0,001	0,873
t_v , °C	228,9	-5,091	0,496	-0,016	0,919
Z, см-1	10,14	37,97	-	-	0,914
ρ , кг/м ³	883,4	-0,902	0,056	-0,001	0,820

Затраты на устранение одного отказа двигателя, связанного с состоянием масла и смазочной системы, составляют в среднем 3500 руб. С учётом этого и полученных ранее данных по влиянию периодичности ТО на параметр потока отказов [11], получим изменение удельных затрат на ТО и ТР в процессе работы масла (рисунок 8).

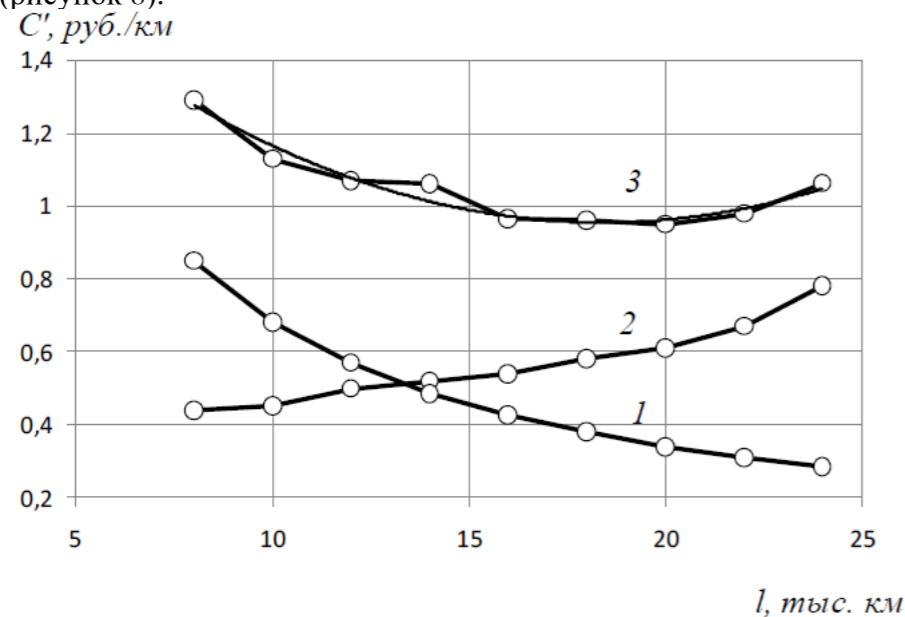


Рисунок 8 – Зависимость удельных затрат на замену масла (1), на текущий ремонт (2) и суммарных (3) от периодичности замены масла по автомобилям КАМАЗ-ЕВРО подконтрольной партии

Для определения оптимальной периодичности замены масла аппроксимируем данные кривой 3 на рис. 8 полиномом второй степени в виде

$$Y = a + bl + cl^2 \tag{14}$$

экстремум (минимум) данной функции определим из условия

$$Y' = b + 2cl = 0 \tag{15}$$

Откуда оптимальная наработка до замены масла составит

$$l_{opt} = b/2c \tag{16}$$

С учётом различия в интенсивности изменения щёлочности масла в процессе работы были определены параметры зависимости (14) по различным группам автомобилей, которые приведены в таблице 2. Здесь также приведены оптимальные значения наработки до замены масла по этим группам автомобилей.

Таблица 2 – Параметры зависимости (14) и оптимальные значения наработки до замены масла по различным группам автомобилей КАМАЗ-ЕВРО

a	b	c	l_{opt}	l_{optg}
		В среднем		
1,95	0,108	0,00293	18,4	17,5
		КАМАЗ-4311		
1,77	0,0965	0,00257	18,77	17,9
		КАМАЗ-5321		
1,778	0,0996	0,0026	19,2	18,3
		НЕФАЗ		
1,919	0,105	0,00296	17,75	16,9

Значения l_{opt} соответствуют среднему значению показателей состояния масла, при котором вероятность отказа составляет 0,5. Однако коэффициент опасности отказа по смазочной системе двигателя составляет в среднем 12. То есть, устранить пропущенный отказ в среднем в 12 раз дороже, чем выполнить профилактику смазочной системы. Поэтому для гарантии 80 % безотказности смазочной системы целесообразно определять гарантированную (с вероятностью 80 %) периодичность замены масла l_{optg} .

Для всех автомобилей КАМАЗ-ЕВРО получим погрешность щёлочности при доверительной вероятности 80 % 0,48. С учётом этого в таблице 2 приведены значения гарантированной оптимальной периодичности замены масла. Этой периодичности соответствует и нормативное гарантированное значение показателя состояния масла C_{ng} . Используя эту методику, определены нормативные значения и других показателей масла, которые приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Нормативные (предельные) значения показателей состояния моторного масла для форсированных двигателей КАМАЗ-ЕВРО

Показатели	Среднее, C_n	Гарантированное, C_{ng}
η , сСт	11,0	11,5
C, мг КОН/г	6,5	7,0
t_v , °C	196	202
Z, см-1	750	690
ρ , кг/м ³	878	878,5

Выводы

Таким образом, рекомендуемые значения наработки до замены масла в среднем на 37 % превышают среднюю периодичность ТО-2 в третьей категории условий эксплуатации. Целесообразно использовать рекомендованные предельные значения показателей состояния масла при его замене по результатам анализа. Отработавшее масло может быть хорошим сырьём для регенерации и использования после в малофорсированных и среднефорсированных дизелях.

Источник финансирования исследований – Управлении технологического транспорта «Югтрансгаз» г. Саратов, Россия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Балтенас, Р.** Моторные масла. Производство. Свойства. Классификация. Применение / Р. Балтенас, А. С. Сафонов, А. И. Ушаков, В. Шергалис // Альфа-Лаб. – М., СПб, 2000. – 272 с.

2 **Басков, В. Н.** Эксплуатационные факторы и надежность автомобиля / В. Н. Басков, А. С. Денисов, А. И. Ушаков, В. Шергалис // Альфа-Лаб. – М., СПб. – 2000. – 272 с.

3 **Денисов, А. С.** Влияние периодичности профилактики на надёжность автомобилей / А. С. Денисов, В. Н. Басков, В. П. Захаров // Автотранспортное предприятие. – 2011. – № 1. – С. 51–52.

4 **Кузьмин Н. А., Борисов Г. В.** Научные основы процессов изменения технического состояния автомобилей. / Н. А. Кузьмин, Г. В. Борисов. – Н. Новгород : НГТУ, 2012. – 270 с.

5 **Остриков, В. В.** Теоретические предпосылки выбора способа очистки моторных масел от загрязнений / Остриков В. В., Носов А. О. // Научное обозрение. – 2010. – № 2. – С. 33–34.

6 **Федотов, А. И.** Диагностика автомобиля : Учебник для вузов. – Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2012. – 468 с.

7 **Шампайн, Л. Ф.** Решение обыкновенных дифференциальных уравнений с использованием MATLAB Учебное пособие. 1-е изд. / Л. Ф. Шампайн, И. Гладвел, С. Томпсон. – СПб. : Лань, 2009. – 304 с.

8 **Якунин, Н. Н.** Методологические основы контроля и управления техническим состоянием автомобилей в эксплуатации / Н. Н. Якунин. – М. : Машиностроение. – 1. – 2003. – 178 с.

9 **Johnson, G.** Failure of components // Automobile Engineers, March, 1996. – P. 108–111.

10 **Krause, H. R.** Tribomechanical Reaction in the Friction and Wearing Process of Iron // Wear. Vol. 18. – № 3. – 1971. – P. 403–412.

REFERENCES

1 **Baltenas, R.** Motornye masla. Proizvodstvo. Svoystva. Klassifikaciya. Primenenie Motor oils. Production. Properties. Classification. Application / R. Baltenas, A. S. Safonov, A. I. Ushakov, V. Shergalis // Alfa-Lab. – Moscow, St. Petersburg – 2000. – 272 p.

2 **Backov, V. N.** Ekspluatacionnye faktory i nadezhnost' avtomobilya [Operational factors and car reliability] / V. N. Baskov, A. S. Denisov, A. I. Ushakov, V. Shergalis // Alpha-Lab. – Moscow, St. Petersburg. – 2000. – 272 p.

3 **Denisov, A. S.** Vliyanie periodichnosti profilaktiki na nadyozhnost' avtomobilej [Influence of preventive maintenance frequency on the reliability of cars] / A. S. Denisov, V. N. Baskov, V. P. Zakharov // Autotransport enterprise. – 2011. – № 1. P. 51–52.

4 **Kuz'min, N. A., Borisov, G. V.** Nauchnye osnovy processov izmeneniya tekhnicheskogo sostoyaniya avtomobilej [Scientific bases of the processes of changing the technical state of automobiles] / N. A. Kuzmin, G. V. Borisov. – N. Novgorod : NSTU, 2012. – 270 p.

5 **Ostrikov, V. V.** Teoreticheskie predposylki vybora sposoba ochistki motornyh masel ot zagryaznenij [Theoretical prerequisites for selecting the method of cleaning engine oils from contaminants] / V. V. Ostrikov, A. O. Nosov // Scientific review. – 2010. – № 2. – P. 33–34.

6 **Fedotov, A. I.** Diagnostika avtomobilya. Uchebnik dlya vuzov [Car diagnostics. Textbook for universities] Irkutsk : Publishing house of IrSTU., 2012. – 468 p.

7 **Shampajn, L. F.** Reshenie obyknovennykh differentsial'nykh uravnenij s ispol'zovaniem MATLAB Uchebnoe posobie. 1-e izd. [Solution of ordinary differential equations using MATLAB Tutorial. 1st ed.] / L. F. Champain, I. Gladwell, S. Thompson. SPb: Lan', 2009. – 304 p.

8 **Yakunin, N. N.** Metodologicheskie osnovy kontrolya i upravleniya tekhnicheskim sostoyaniem avtomobilej v ekspluatatsii [Methodological bases of control and management of the technical condition of cars in operation] / N. N. Yakunin. – Moscow : Mashinostroenie. – 1. – 2003. – 178 p.

9 **Johnson, G.** Failure of components // Automobile Engineers, March, 1996. – P. 108–111.

10 **Krause, H. R.** Tribomechanical Reaction in the Friction and Wearing Process of Iron // Wear. Vol. 18. – № 3. – 1971. – P. 403–412.

Материал поступил в редакцию 24.11.22.

*А. М. Биниязов¹, А. С. Денисов²¹Батыс Қазақстан инновациялық-технологиялық университеті,
Қазақстан Республикасы, Орал қ.²Ю. А. Гагарин атындағы Саратов мемлекеттік техникалық университеті,
Ресей Федерациясы, Саратов қ.

Материал баспаға түсті 24.11.22.

**КАМАЗ-ЕВРО ФОРСИРЛЕНГЕН АВТОТРАКТОРЛЫ ДИЗЕЛЬДЕРДІҢ
МАЙЛАУ ЖҮЙЕСІН АЛДЫН АЛУ ШАРАЛАРЫН ЖЕТІЛДІРУ**

Автотракторлық қозғалтқыштардың сенімділігін арттырудың өзекті міндеті майлау процесерін жетілдіру болып табылады. Жұғыш және ыдырағыш қоспа ретінде жоғары сілтілі сульфонаттар, алкилсалицилаттар, сондай-ақ алкилфеноляттарды және сульфатты қышқылдар мен карбон қышқылдарының өзге де тұздарын қолданады, май құрамында көміртекті түзілімдердің пайда болу қарқындылығы осылардың шоғырлауына байланысты болады. Әрекет етуші массалар заңының негізінде бастапқы заттың шоғырлануының уақытқа тәуелділігі анықталды. Жұмыс үрдісіндегі сілтілі тұнбаның шығынының бастапқы дифференциалды теңдеуін құру кезінде майды еселеп құю өлшемдері ескерілген.

Мотор майын ауыстырудың ұтымды кезеңділігін анықтау бойынша эксплуатациялық зерттеулері жүргізілді, сондай-ақ эксперименттік деректерді өңдеу нәтижелері келтірілді. КАМАЗ-ЕВРО форсирленген дизельдеріндегі майды ауыстырудың оңтайлы кезеңділігі негізделген, ол екінші дәрежелі полиноммен жуықтатылады. Ауыстыруға дейінгі ұтымды пайдаланым анықталған.

Жұмыс үрдісі кезіндегі майдың сілтілілігінің өзгеріп отыру қатқынындағы айырмашылықты есепке ала отырып, автомобильдердің түрлі топтары бойынша тәуелділік өлшемдері анықталған. 80 % сенімгерлік ықтималдықта сілтіліліктің дәлсіздігі белгіленген. КАМАЗ-Еуро үдемелі қозғалтқыштары үшін мотор майының жай-күйі көрсеткіштерінің нормативтік (шекте) мәндері анықталды.

Кілтті сөздер: форсирленген дизельдер, мотор майы, май ауыстыру кезеңділігі, майдың нормативті мәндері, Камаз.

*А. М. Биниязов¹, А. С. Денисов²¹West Kazakhstan Innovation and Technological University,
Republic of Kazakhstan, Uralsk;²Yuri Gagarin State Technical University of Saratov,
Russian Federation, Saratov.

Material received on 24.11.22.

**IMPROVEMENT OF PREVENTION OF LUBRICANT SYSTEM
OF THE FORCED AUTOTRACTOR DIESELS KAMAZ-EVRO**

An urgent task to improve the reliability of automotive engines is to improve lubrication processes. As detergents and dispersing additives, highly alkaline sulfonates, alkylsaliicylates, as well as alkylphenolates and various other salts of sulfonic acids and carboxylic acids are used, and a decrease in the intensity of formation of carbon deposits depends on their concentration in oil. On the basis of the law of acting masses, the dependence of the concentration of the initial substance on time is obtained. When compiling the initial differential equation of the alkaline additive consumption during operation, the parameters of oil topping were taken into account.

Operational studies were carried out to determine the rational frequency of engine oil replacement, and the results of processing experimental data are also presented. The optimal frequency of oil change in the forced diesel engines KAMAZ-EURO, which is approximated by a polynomial of the second degree, is justified. The optimal operating time before oil change for various groups of KAMAZ-EURO cars has been determined.

Taking into account the difference in the intensity of changes in the alkalinity of the oil during operation, the dependence parameters for different groups of cars were determined. The alkalinity error is obtained with a confidence probability of 80 %. The normative (limit) values of engine oil condition indicators for KAMAZ-EURO boosted engines have been determined.

Keywords: high-powered diesel engines, engine oil, oil drain interval, oil quality standards, Kamaz

СВЕДЕНИЯ О АВТОРАХ

Абсолямова Динара Ризахметқызы, магистр, аға оқытушы, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: absolyamova.d@mail.ru

Абсолямова Динара Ризахметовна, магистр, ст. преподаватель, Факультет Инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: absolyamova.d@mail.ru

Absolyamova Dinara Rizakhmetovna, Master, Senior Teacher, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: absolyamova.d@mail.ru

Абишев Кайратолла Кайроллинович, техника ғылымдарының кандидаты, қауымд. профессор, «Көлік техника және логистика» кафедрасы, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: a.kairatolla@mail.ru

Абишев Кайратолла Кайроллинович, кандидат технических наук, ассоц. профессор, кафедра «Транспортная техника и логистика», Торайғыров Университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: a.kairatolla@mail.ru

Abishev Kairatolla Kairullinovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Transport Equipment and Logistics, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: a.kairatolla@mail.ru

Биниязов Абзал Махсотович, PhD, қауымд. профессор, «Көлік және технология» кафедрасы, Батыс Қазақстан инновациялық-технологиялық университеті, Орал қ., 410054, Қазақстан Республикасы, e-mail: abiniyazov@mail.ru

Биниязов Абзал Махсотович, PhD, ассоц. профессор, кафедра «Транспорта и технологии» Западно Казахстанский инновационно-технологический университет, г. Уральск, 410054, Республика Казахстан, e-mail: abiniyazov@mail.ru

Biniyazov Abzal Makhsovovich, PhD, Associate Professor, Department of Transport and Technology, West Kazakhstan University of Innovation and Technology, Uralsk, 410054, Respublic of Kazakhstan, E-mail: abiniyazov@mail.ru

Бекболатов Габит Жахангерұлы, аға оқытушы, «Көлік, тасымалдауды және қозғалысты ұйымдастыру» кафедрасы, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., 160000, Қазақстан Республикасы, e-mail: g.bekbolat@mail.ru

Бекболатов Габит Жахангерович, ст. преподаватель, кафедра «Транспорт, организация перевозок и движения» Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, г. Шымкент, 160000, Республика Казахстан, e-mail: g.bekbolat@mail.ru

Bekbolatov Gabit Zhahangerovich, senior lecturer, Department of Transport, Transportation and Traffic Organization, Auezov University of South Kazakhstan, Shymkent, 160000, Republic of Kazakhstan, e-mail: g.bekbolat@mail.ru

Барзов Александр Александрович, жетекші ғылыми қызметкері, техника ғылымдарының докторы, профессор, М. В. Ломоносов атындағы Мәскеу мемлекеттік университеті, Мәскеу қ., 119991, Ресей Федерациясы, e-mail: a.a.barzov@gmail.com

Барзов Александр Александрович, ведущий научный сотрудник, доктор технических наук, профессор, Московский государственный имени М. В. Ломоносова, Москва, 119991, Российская Федерация, e-mail: a.a.barzov@gmail.com

Barzov Aleksandr Aleksandrovich, Head Scientist Researcher, Doctor of Technical Sciences, Professor, Lomonosov Moscow State University, Moscow, 119991, Russian Federation, e-mail: a.a.barzov@gmail.com

Бакиров Алтынсары Газизович, аға оқытушы, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: azeka200892@mail.ru

Бакиров Алтынсары Газизович, ст.преподаватель, Факультет Инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: altynsary@mail.ru

Bakirov Altynsary Gazizovich, senior lecturer, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: altynsary@mail.ru

Быков Петр Олегович, техника ғылымдарының кандидаты, профессор, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: Вукov_petr@mail.ru

Быков Петр Олегович, кандидат технических наук, профессор, Факультет Инженерии, Торайғыров Университет, 140008, г. Павлодар, Республика Казахстан, e-mail: Вукov_petr@mail.ru

Bykov Petr Olegovich, candidate of technical sciences, professor, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, 140008, Pavlodar, Republic of Kazakhstan, e-mail: Bykov_petr@mail.ru

Денисов Александр Сергеевич, техника ғылымдарының докторы, профессор, «Тасымалдауды, қозғалысты ұйымдастыру және көлік қауіпсіздігі» кафедрасы, Ю. А. Гагарин атындағы Саратов мемлекеттік техникалық университеті, Саратов қ., 410054, Ресей Федерациясы, e-mail: denisov0307@yandex.ru

Денисов Александр Сергеевич, доктор технических наук, профессор, кафедра «Организация перевозок, движения и безопасность транспорта», Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А., г. Саратов, 410054, Российская Федерация, e-mail: denisov0307@yandex.ru

Denisov Alexander Sergeevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department «Organization of Transportation, Traffic and Transport Safety», Saratov State Technical University named after Gagarin Yu.A., Saratov, 410054, Russian Federation, e-mail: denisov0307@yandex.ru

Дейграф Ирина Эдуардовна, магистр, аға оқытушы, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: irina_shtil@mail.ru

Дейграф Ирина Эдуардовна, магистр, ст. преподаватель, Факультет Инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: irina_shtil@mail.ru

Deygraf Irina Eduardovna, Master, senior teacher, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: irina_shtil@mail.ru

Жангазин Бауыржан Еранұлы, шебер, сынақ зертханасы, «ERG Service» ЖШС, Павлодар қ., 140000, Қазақстан Республикасы, e-mail: b87073891775@yandex.ru

Жангазин Бауыржан Ерланович, мастер, Испытательная лаборатория, ТОО «ERG Service», г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан, e-mail: b87073891775@yandex.ru

Zhangazin Bauyrzhan Yerlanovich, Master, Testing Laboratory, ERG Service LLP, Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan, e-mail: b87073891775@yandex.ru

Жунусов Аблай Каиртасұлы, техника ғылымдарының кандидаты, профессор, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: zhunusov_ab@mail.ru

Жунусов Аблай Каиртасович, кандидат технических наук, профессор, Факультет Инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: zhunusov_ab@mail.ru

Zhunusov Ablay Kairtasovich, Candidate of Technical Sciences, professor, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: zhunusov_ab@mail.ru

Жүнісбеков Айтмухамед Сағынбекұлы, техника ғылымдарының кандидаты, доцент, «Көлік, тасымалдауды және қозғалысты ұйымдастыру» кафедрасы, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., 160000, Қазақстан Республикасы, e-mail: A.Dzhunusbekov@aeuzov.edu.kz

Джунисбеков Айтмухамед Сағынбекович, кандидат технических наук, доцент, кафедра «Транспорт, организация перевозок и движения», Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, г. Шымкент, 160000, Республика Казахстан, e-mail: A.Dzhunusbekov@aeuzov.edu.kz

Junisbekov Aitmukhamed Saginbekovich, Candidate of Technical Sciences, associate professor, Department of Transport, Transportation and Traffic Organization, Auezov University of South Kazakhstan, Shymkent, 160000, Republic of Kazakhstan, e-mail: A.Dzhunusbekov@aeuzov.edu.kz

Есенғалиев Дәурен Амангелдіұлы, PhD, аға оқытушы, Техникалық факультеті, Қ. Жұбанова атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе қ., 030000, Қазақстан Республикасы

Есенғалиев Даурен Амангельдиевич, PhD, ст. преподаватель, Технический факультет, Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова, г. Актөбе, 030000, Республика Казахстан

Yesengaliyev Dauren Amangeldiyevich, PhD, Senior Lecturer, Faculty of Technology, Aktobe Regional University named after K. Zhubanov, Aktobe, 030000, Republic of Kazakhstan

Кусаинов Руслан Бексұлтанович, аға оқытушы, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: kussainovrb@mail.ru

Кусаинов Руслан Бексұлтанович, ст. преподаватель, Факультет инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: kussainovrb@mail.ru

Ruslan Kussainov Beksultanovich, senior lecturer, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: kussainovrb@mail.ru

Кенжебекова Анар Ерболатовна, докторант, «Металлургия» кафедрасы, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: kenzhebekova_psu@mail.ru

Кенжебекова Анар Ерболатовна, докторант, кафедра «Металлургия», Факультет Инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: kenzhebekova_psu@mail.ru

Kenzhebekova Anar Yerbolatovna, Doctoral Student, Department of Metallurgy, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: kenzhebekova_psu@mail.ru

Кобеген Ерболат, техника ғылымдарының магистрі, аға оқытушы, Техникалық факультет, Қ. Жұбанова атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе қ., 030000, Қазақстан Республикасы

Кобеген Ерболат, магистр технических наук, ст. преподаватель, Технический факультет, Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова, г. Актөбе, 030000, Республика Казахстан

Kobegen Yerbolat, Master of Technical Sciences, Senior Lecturer, Faculty of Technology, Aktobe Regional University named after K. Zhubanov, Aktobe, 030000, Republic of Kazakhstan

Келаманов Бауыржан Сатыбалдыұлы, техника ғылымдарының кандидаты, қауымд. профессор, Техникалық факультеті, Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе қ., 030000, Қазақстан Республикасы, e-mail: kelamanov-b@mail.ru

Келаманов Бауыржан Сатыбалдыұлы, кандидат технических наук, ассоц. профессор, технический факультет, Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова, г. Актөбе, 030000, Республика Казахстан, e-mail: kelamanov-b@mail.ru

Kelamanov Bauyrzhan Satybaldyuly, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Faculty of Technology, Aktobe Regional University named after K. Zhubanov, Aktobe, 030000, Republic of Kazakhstan, e-mail: kelamanov-b@mail.ru

Куандыков Алмаз Болатович, докторант, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: azeka200892@mail.ru

Куандыков Алмаз Болатович, докторант, Факультет Инженерии, Торайғыров У н и в е р с и т е т , г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: azeka200892@mail.ru

Kuandykov Almaz Bolatovich, doctoral student, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: azeka200892@mail.ru

Касенов Асылбек Жумабекович, техника ғылымдарының кандидаты, қауымд. профессор, «Көліктік техника және логистика» кафедрасы, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: asylbek_kasenov@mail.ru

Куанышев Мурат Кулынтаевич, техника ғылымдарының кандидаты, доцент, «Көлік техникасы, тасымалдауды ұйымдастыру және құрылыс» кафедрасы, Техникалық факультеті, Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе қ., 300030, Қазақстан Республикасы, e-mail: k.murat-57@mail.ru

Каукаров Алтынбек Кубашевич, аға оқытушы, «Көлік техникасы, тасымалдауды ұйымдастыру және құрылыс» кафедрасы, Техникалық факультеті, Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе қ., 300030, Қазақстан Республикасы, e-mail: k.murat-57@mail.ru

Мусина Жанара Керейовна, техника ғылымдарының кандидаты, профессор, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: mussina_zhanara@mail.ru

Мусина Лейла Рафаиловна, магистрант, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: lulu081299@mail.ru

Касенов Асылбек Жумабекович, кандидат технических наук, ассоц. профессор, кафедра «Транспортная техника и логистика», Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: asylbek_kasenov@mail.ru

Куанышев Мурат Кулынтаевич, кандидат технических наук, доцент, кафедра «Транспортная техника, организация перевозок и строительство», Технический факультет, Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова, г. Актюбе, 300030, Республика Казахстан, e-mail: k.murat-57@mail.ru

Каукаров Алтынбек Кубашевич, ст.преподаватель, кафедра «Транспортная техника, организация перевозок и строительство», Технический факультет, Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова, г. Актюбе, 300030, Республика Казахстан, e-mail: k.murat-57@mail.ru

Мусина Жанара Керейовна, кандидат технических наук, профессор, Факультет инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: mussina_zhanara@mail.ru

Мусина Лейла Рафаиловна, магистрант, Факультет инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: lulu081299@mail.ru

Касенов Асылбек Жумабекович, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Mechanical Engineering and Standardization, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: asylbek_kasenov@mail.ru

Kuanyshev Murat Kulyntaevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of «Transport Equipment, Organization of Transportation and Construction», Faculty Technical, Aktobe Regional University named after K. Zhubanov, Aktobe, 300030, Republic of Kazakhstan, e-mail: k.murat-57@mail.ru

Kaukarov Altynbek Kubashevich, senior lecturer Department of «Transport Equipment» Organization of Transportation and Construction», Faculty of Technology, Aktobe Regional University named after K. Zhubanov, Aktobe, 300030, Republic of Kazakhstan, e-mail: k.murat-57@mail.ru

Mussina Zhanara Kereyovna, Candidate of Technical Sciences, Professor, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: mussina_zhanara@mail.ru

Mussina Leila Rafailovna, undergraduate student, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: lulu081299@mail.ru

Муканов Руслан Батырбекович, PhD, қауымд. профессор, «Көліктік техника және логистика» кафедрасы, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: ruslangr82@mail.ru

Салина Валентина Алексеевна, аға ғылыми қызметкер, техника ғылымдарының кандидаты, ОрБ РПА металлургия институті, Екатеринбург қ., Ресей Федерациясы, e-mail: valentina_salina@mail.ru

Сембаев Нурболат Сакенович, техника ғылымдарының кандидаты, қауымд. профессор, «Көліктік техника және логистика» кафедрасы, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: n.sembaev@mail.ru

Судейменов Ансаган Дюсембаевич, магистр, аға оқытушы, «Көліктік техника және логистика» кафедрасы, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: Ansar_muslim_91@mail.ru

Таскарин Айжан Жумажановна, PhD, профессор, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: aya_taskarina@mail.ru

Муканов Руслан Батырбекович, PhD, ассоц. профессор, кафедра «Транспортная техника и логистика», Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: ruslangr82@mail.ru

Салина Валентина Алексеевна, старший научный сотрудник, кандидат технических наук, институт Металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург, Российская Федерация, e-mail: valentina_salina@mail.ru

Сембаев Нурболат Сакенович, кандидат технических наук, ассоц. профессор, кафедра «Транспортная техника и логистика», Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: n.sembaev@mail.ru

Судейменов Ансаган Дюсембаевич, магистр, ст.преподаватель, кафедра «Транспортная техника и логистика», Торайғыров университет, г. Павлодар, Республика Казахстан, 140008, e-mail: Ansar_muslim_91@mail.ru

Таскарин Айжан Жумажановна, PhD, профессор, Факультет инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: aya_taskarina@mail.ru

Mukanov Ruslan Batyrbekovich, PhD, Associate Professor, Department of «Transport Equipment and Logistics», Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: ruslangr82@mail.ru

Salina Valentina Alekseevna, Senior Researcher, Candidate of Technical Sciences, Institute of Metallurgy, UrB of the RAS, Yekaterinburg, Russian Federation. e-mail: valentina_salina@mail.ru

Sembayev Nurbolat Sakenovich, Candidate of Technical Sciences, associate professor, Department of «Transport Equipment and Logistics», Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: n.sembaev@mail.ru

Suleimenov Ansagan Dyusembayevich, Master, senior lecturer, Department of «Transport Equipment and Logistics», Toraighyrov University, Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan, e-mail: Ansar_muslim_91@mail.ru

Taskarina Aizhan Zhumazanovna, PhD, Professor, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: aya_taskarina@mail.ru

Тюлюбаев Ренат Асылбекович, магистр, аға оқытушы, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: tyulyubaev.r@teachers.tou.edu.kz

Теміртас Хамит Бауржанұлы, магистр, оқытушы (ассистент), Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: xamit1797@gmail.com

Тусіпбекова Марал Жанболатқызы, магистр, аға оқытушы, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: make.t.08@mail.ru

Толенов Айдарәлі, техника ғылымдарының кандидаты, профессор, «Көлік, тасымалдауды және қозғалысты ұйымдастыру» кафедрасы, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., 160000, Қазақстан Республикасы, e-mail: tulenov-2011@mail.ru

Тюлюбаев Ренат Асылбекович, магистр, ст. преподаватель, Факультет инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: tyulyubaev.r@teachers.tou.edu.kz

Теміртас Хамит Бауржанұлы, магистр, преподаватель (ассистент), Факультет инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: xamit1797@gmail.com

Тусупбекова Марал Жанбулатовна, магистр, ст. преподаватель, Факультет Инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: make.t.08@mail.ru

Туленив Айдарәлі, кандидат технических наук, профессор, кафедра «Транспорт, организация перевозок и движения», Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, г. Шымкент, 160000, Республика Казахстан, e-mail: tulenov-2011@mail.ru

Tyulyubaev Renat Asylbekovich, Master, Senior lecturer, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: tyulyubaev.r@teachers.tou.edu.kz

Temirtas Khamit, Master, lecturer (assistant), Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: xamit1797@gmail.com

Tussupbekova Maral Zhanbolatovna, Master, senior teacher, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: make.t.08@mail.ru

Tulenov Aydarali, Candidate of Technical Sciences, Professor, Department of Transport, Transportation and Traffic Organization, Auezov University of South Kazakhstan, Shymkent, 160000, Republic of Kazakhstan, e-mail: tulenov-2011@mail.ru

Таханова Гүльсим Жанқужаевна, аға оқытушы, «Көлік техникасы, тасымалдауды ұйымдастыру және құрылыс» кафедрасы, Техникалық факультеті, Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе қ., 300030, Қазақстан Республикасы, e-mail: gulsim.taxanova.78@mail.ru

Шыңғысбаева Жадыра Әтірханқызы, техника ғылымдарының кандидаты, профессор, «Көлік, тасымалдауды және қозғалысты ұйымдастыру» кафедрасы, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., 160000, Қазақстан Республикасы, e-mail: zhadra-shin@mail.ru

Таханова Гүльсим Жанқужаевна, ст. преподаватель, кафедра «Транспортная техника, организация перевозок и строительство», Технический факультет, Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова, г. Актөбе, 300030, Республика Казахстан, e-mail: gulsim.taxanova.78@mail.ru

Шингисбаева Жадыра Атирхановна, кандидат технических наук, профессор, кафедра «Транспорт, организация перевозок и движения», Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, г. Шымкент, 160000, Республика Казахстан, e-mail: zhadra-shin@mail.ru

Takhanova Gulsim, Candidate of Technical Sciences, senior lecturer, Associate Professor Department of «Transport Equipment, Organization of Transportation and Construction», Faculty of Technology, Aktobe Regional University named after K. Zhubanov, Aktobe, 300030, Republic of Kazakhstan, e-mail: gulsim.taxanova.78@mail.ru

Shingisbayeva, Zhadra Amirhanovna, Candidate of Technical Sciences, professor, Department of Transport, Transportation and Traffic Organization, Auezov University of South Kazakhstan, Shymkent, 160000, Republic of Kazakhstan, e-mail: zhadra-shin@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 ^{1,2}.

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^{1,2}.

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 представляют по тексту статьи. В электронной версии рисунки и иллюстрации представляются в формате TIF или JPG с разрешением не менее 300 dpi.

• **Математические формулы** должны быть набраны в Microsoft Equation Editor (каждая формула – один объект).

На отдельной странице (после статьи)

В электронном варианте приводятся **полные почтовые адреса, номера служебного и домашнего телефонов, e-mail** (номера телефонов для связи редакции с авторами, не публикуются);

Сведения об авторах

На казахском языке	На русском языке	На английском языке
Фамилия Имя Отчество (полностью)		
Должность, ученая степень, звание		
Организация		
Город		
Индекс		
Страна		
E-mail		
Телефон		

140008, Республика Казахстан, г. Павлодар, ул. Ломова, 64,
НАО «Торайгыров университет»,
Издательство «Toraighyrov University», каб. 137.
 Тел. 8 (7182) 67-36-69, (внутр. 1147).
 E-mail: nitk.tou.edu.kz.

Наши реквизиты:

НАО «Торайгыров университет» РНН 451800030073 БИН 990140004654	НАО «Торайгыров университет» РНН 451800030073 БИН 990140004654	Приложение kaspі.kz Платежи – Образование –Оплата за ВУЗы – Заполняете все графы (в графе Факультет укажите «За публикацию в научном журнале, название журнала и серии»)
АО «Jysan Bank» ИИК KZ57998FTB00 00003310 БИК TSESKZK A Кбе 16 Код 16 КНП 861	АО «Народный Банк Казахстана» ИИК KZ156010241000003308 БИК HSBKZKX Кбе 16 Код 16 КНП 861	

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ

МРНТИ 14.37.27

DOI xxxxxxxxxxxxxxxxx

С. К. Антикеева

Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ СОЦИАЛЬНЫХ РАБОТНИКОВ ЧЕРЕЗ КУРСЫ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ

В данной статье представлена теоретическая модель формирования личностных и профессиональных компетенций социальных работников через курсы повышения квалификации, которая разработана в рамках докторской диссертации «Формирование личностных и профессиональных компетенций социальных работников через курсы повышения квалификации». В статье приводятся педагогические аспекты самого процесса моделирования, перечислены этапы педагогического моделирования. Представлены методологический, процессуальный (технологический) и инструментальный уровни модели, ее цель, мониторинг сформированности искомых компетенций, а также результат. В модели показаны компетентностный, личностно-ориентированный и практико-ориентированный педагогические подходы, закономерности, принципы, условия формирования выбранных компетенций; описаны этапы реализации процесса формирования, уровни сформированности личностных и профессиональных компетенций. В разделе практической подготовки предлагается интерактивная работа в системе слушатель-преподаватель-группа, подразумевающая личное участие каждого специалиста, а также открытие первого в нашей стране Республиканского общественного объединения «Национальный альянс профессиональных социальных работников». Данная модель подразумевает под собой дальнейшее совершенствование и самостоятельное развитие личностных и профессиональных компетенций социальных работников. Это позволяет увидеть в модели эффективность реализации курсов повышения квалификации, формы, методы и средства работы.

Ключевые слова: теоретическая модель, компетенции, повышение квалификации, социальные работники.

Введение

Социальная работа – относительно новая для нашей страны профессия. Поэтому обучение социальных работников на современной стадии не характеризуется наличием достаточно разработанных образовательных стандартов, которые находили бы выражение в формулировке педагогических целей, в содержании, технологиях учебного процесса.

Продолжение текста публикуемого материала

Материалы и методы

Теоретический анализ научной психолого-педагогической и специальной литературы по проблеме исследования; анализ законодательных и нормативных документов по открытию общественных объединений; анализ содержания программ курсов повышения квалификации социальных работников; моделирование; анализ и обобщение педагогического опыта; опросные методы (беседа, анкетирование, интервьюирование); наблюдение; анализ продуктов деятельности специалистов; эксперимент, методы математической статистики по обработке экспериментальных данных.

Продолжение текста публикуемого материала

Результаты и обсуждение

Чтобы понять объективные закономерности, лежащие в основе процесса формирования и развития личностных и профессиональных компетенций социальных работников через курсы повышения квалификации, необходимо четко представлять себе их модель.

Продолжение текста публикуемого материала

Выводы

Таким образом, на основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что теоретическая модель формирования личностных и профессиональных компетенций социальных работников через курсы повышения квалификации содержит три уровня ее реализации.

Продолжение текста публикуемого материала

Список использованных источников

- 1 **Дахин, А. Н.** Педагогическое моделирование : сущность, эффективность и неопределенность [Текст] // Педагогика. – 2003. – № 4. – С. 22.
- 2 **Кузнецова, А. Г.** Развитие методологии системного подхода в отечественной педагогике : монография [Текст]. – Хабаровск : Изд-во ХК ИППК ПК, 2001. – 152 с.
- 2 **Каропа, Г. Н.** Системный подход к экологическому образованию и воспитанию (На материале сельских школ) [Текст]. – Минск, 1994. – 212 с.
- 4 **Штофф, В. А.** Роль моделей в познании [Текст] – Л. : ЛГУ, 1963. – 128 с.
- 5 **Таубаева, Ш.** Методология и методика дидактического исследования : учебное пособие [Текст]. – Алматы : Казак университеті, 2015. – 246 с.
- 6 **Дахин, А. Н.** Моделирование компетентности участников открытого образования [Текст]. – М. : НИИ школьных технологий 2009. – 290 с.
- 7 **Дахин, А. Н.** Моделирование в педагогике [Текст] // Идеи и идеалы. – 2010. – № 1(3). – Т. 2 – С. 11–20.
- 8 **Дахин, А. Н.** Педагогическое моделирование : монография [Текст]. – Новосибирск : Изд-во НИПКиПРО, 2005. – 230 с.
- 9 **Аубакирова, С. Д.** Формирование деонтологической готовности будущих педагогов к работе в условиях инклюзивного образования : дисс. на соиск. степ. д-ра филос. (PhD) по 6D010300 – Педагогика и психология [Текст] – Павлодар, 2017. – 162 с.

10 **Арын, Е. М., Пфейфер, Н. Э., Бурдина, Е. И.** Теоретические аспекты профессиональной подготовки педагога XXI века : учеб. пособие [Текст]. – Павлодар : ПГУ им. С. Торайгырова; СПб. : ГАФКиС им. П. Ф. Лесгафта, 2005. – 270 с.

References

- 1 **Dahin, A. N.** Pedagogicheskoe modelirovanie : suschnost, effektivnost i neopredelennost [Pedagogical modeling : essence, effectiveness, and uncertainty] [Text]. In Pedagogy. – 2003. – № 4. – P. 22.
- 2 **Kuznetsova, A. G.** Razvitie metodologii sistemnogo podhoda v otechestvennoi pedagogike [Development of the system approach methodology in Russian pedagogy : monograph] [Text]. – Khabarovsk : Izd-vo KhK IPPK PK, 2001. – 152 p.
- 3 **Karopa, G. N.** Sistemnyi podhod k ekologicheskomu obrazovaniyu i 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

Торайғыров университет, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

БІЛІКТІЛІКТІ АРТТЫРУ КУРСТАРЫ АРҚЫЛЫ ӘЛЕУМЕТТІК ҚЫЗМЕТКЕРЛЕРДІҢ ҚҰЗІРЕТТІЛІКТЕРІН ҚАЛЫПТАСТЫРУДЫҢ ТЕОРИЯЛЫҚ МОДЕЛІ

Бұл мақалада «Әлеуметтік қызметкерлердің біліктілігін арттыру курстары арқылы тұлғалық және кәсіби құзыреттіліктерін қалыптастыру» докторлық диссертация шеңберінде әзірленген біліктілікті арттыру курстары арқылы әлеуметтік қызметкерлердің тұлғалық және кәсіби құзыреттілігін қалыптастырудың теориялық моделі ұсынылған. Мақалада модельдеу процесінің педагогикалық аспектілері, педагогикалық модельдеудің кезеңдері келтірілген. Модельдің әдіснамалық, процессуалдық (технологиялық) және аспаптық деңгейлері, оның мақсаты, қажетті құзыреттердің қалыптасу мониторингі, сондай-ақ нәтижесі ұсынылған. Модельде құзыреттілікке, тұлғаға бағытталған және практикаға бағытталған педагогикалық тәсілдер, таңдалған құзыреттерді қалыптастыру заңдылықтары, қағидаттары, шарттары көрсетілген; қалыптасу процесін іске асыру кезеңдері, жеке және кәсіби құзыреттердің қалыптасу деңгейлері сипатталған. Практикалық дайындық бөлімінде тыңдаушы-оқытушы-топ жүйесінде интерактивті жұмыс ұсынылады, ол әр маманның жеке қатысуын, сондай-ақ елімізде алғашқы «кәсіби әлеуметтік қызметкерлердің ұлттық альянсы» республикалық қоғамдық бірлестігінің ашылуын білдіреді. Бұл модель әлеуметтік қызметкерлердің жеке және кәсіби құзыреттерін одан әрі жетілдіруді және тәуелсіз дамытуды білдіреді. Бұл модельде біліктілікті арттыру курстарын іске асырудың тиімділігін, жұмыс нысандары, әдістері мен құралдарын көруге мүмкіндік береді.

Кілтті сөздер: теориялық модель, құзыреттілік, біліктілікті арттыру, әлеуметтік қызметкерлер.

S. K. Antikeeva

Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar

THEORETICAL MODEL OF FORMATION COMPETENCIES OF SOCIAL WORKERS THROUGH PROFESSIONAL DEVELOPMENT COURSES

This article presents a theoretical model for the formation of personal and professional competencies of social workers through advanced training courses, which was developed in the framework of the doctoral dissertation «Formation of personal and professional competencies of social workers through advanced training courses». The article presents the pedagogical aspects of the modeling process itself, and lists the stages of pedagogical modeling. The methodological, procedural (technological) and instrumental levels of the model, its purpose, monitoring the formation of the required competencies, as well as the result are presented. The model shows competence-based, personality-oriented and practice-oriented

pedagogical approaches, patterns, principles, conditions for the formation of selected competencies; describes the stages of the formation process, the levels of formation of personal and professional competencies. The practical training section offers interactive work in the listener-teacher-group system, which implies the personal participation of each specialist, as well as the opening of the first Republican public Association in our country, the national Alliance of professional social workers. This model implies further improvement and independent development of personal and professional competencies of social workers. This allows you to see in the model the effectiveness of the implementation of advanced training courses, forms, methods and means of work.

Keywords: theoretical model, competencies, professional development, social workers.

Сведения об авторах

На казахском языке	На русском языке	На английском языке
Антикеева Самал Канатовна «Педагогика және психология» мамандығы бойынша докторант «Торайғыров университеті» КЕАҚ, Гуманитарлық және әлеуметтік ғылымдар факультеті, Павлодар, 140008, Қазақстан Республикасы, samal_antikeeva@mail.ru, 8-000-000-00-00	Антикеева Самал Канатовна докторант по специальности «Педагогика и психология» НАО «Торайғыров университет», Факультет гуманитарных и социальных наук, Павлодар, 140008, Республика Казахстан, samal_antikeeva@mail.ru, 8-000-000-00-00	Samal Kanatovna Antikeeva doctoral student in «Pedagogy and psychology» «Toraighyrov University» NCJSC, Faculty of Humanities and Social Sciences, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, samal_antikeeva@mail.ru, 8-000-000-00-00

**ПУБЛИКАЦИОННАЯ ЭТИКА
В НАУЧНОМ ЖУРНАЛЕ
ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА
«НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА»**

Редакционная коллегия научных журналов НАО «Торайгыров университет» «Вестник Торайгыров университета», «Наука и техника Казахстана» и научно-популярного журнала «Краеведение» в своей профессиональной деятельности придерживаются принципов и норм Публикационной этики научных журналов НАО «Торайгыров университет». Публикационная этика разработана в соответствии с международной публикационной этической нормой Комитета по публикационной этике (COPE), этическими принципами публикации журналов Scopus (Elsevier), Кодекса академической честности НАО «Торайгыров университет».

Публикационная этика определяет нормы, принципы и стандарты этического поведения редакторов, рецензентов и авторов, меры по выявлению конфликтов интересов, неэтичного поведения, инструкции по изъятию (ретракции), исправлению и опровержению статьи.

Все участники процесса публикации, соблюдают принципы, нормы и стандарты публикационной этики.

Качество научного журнала обеспечивается исполнением принципов участников процесса публикации: равенства всех авторов, принцип конфиденциальности, однократные публикации, авторства рукописи, принцип оригинальности, принцип подтверждения источников, принцип объективности и своевременности рецензирования.

Права и обязанности членов редакционных коллегий научных журналов НАО «Торайгыров университет» «Вестник Торайгыров университета», «Наука и техника Казахстана» и научно-популярного журнала «Краеведение» определены СО СМК 8.12.3-20 Управление научно-издательской деятельностью.

Права и обязанности рецензентов

Рецензенты научных журналов «Вестник Торайгыров университета», «Наука и техника Казахстана», научно-популярного журнала «Краеведение», обязаны руководствоваться принципом объективности.

Персональная критика в адрес автора(-ов) рукописи недопустима. Рецензент должен аргументировать свои замечания и обосновывать свое решение о принятии рукописи или о ее отклонении.

Национальность, религиозная принадлежность, политические или иные взгляды автора(-ов) не должны приниматься во внимание и учитываться в процессе рецензирования рукописи рецензентом(-ами).

Экспертная оценка, составленная рецензентом должна способствовать принятию решения редакцией о публикации и помогать автору улучшить рукопись.

Решение о принятии рукописи к публикации, возвращение работы автору на изменение или доработку, либо решение об отклонении от публикации принимается редколлегией опираясь на результаты рецензирования.

Принцип своевременности рецензирования. Рецензент обязан предоставить рецензию в срок, определенный редакцией, но не позднее 2-4 недель с момента получения рукописи на рецензирование. Если рассмотрение статьи и подготовка рецензии в назначенные сроки невозможны, то рецензент должен незамедлительно уведомить об этом научного редактора.

Рецензент, который считает, что его квалификация не соответствует либо недостаточна для принятия решения при рецензировании предоставленной рукописи должен незамедлительно сообщить об этом научному редактору и отказаться от рецензирования рукописи.

Принцип конфиденциальности со стороны рецензента. Рукопись, предоставленная рецензенту на рецензирование должна рассматриваться как конфиденциальный материал. Рецензент имеет право демонстрировать ее и/или обсуждать с другими лицами только после получения письменного разрешения со стороны научного редактора журнала и/или автора (-ов).

Информация и идеи научной работы, полученные в ходе рецензирования и обеспечения публикационного процесса, не должны быть использованы рецензентом(-ами) для получения личной выгоды.

Принцип подтверждения источников. Рецензент должен указать научные работы, которые оказали бы влияние на исследовательские результаты рассматриваемой рукописи, но не были приведены автором (-ами). Также рецензент обязан обратить внимание научного редактора на значительное сходство или совпадение между рассматриваемой рукописью и ранее опубликованной работой, о котором ему известно.

Если у рецензента имеются достаточные основания полагать, что в рукописи содержится плагиат, некорректные заимствования, ложные и сфабрикованные материалы или результаты исследования, то он не должен допустить рукопись к публикации и проинформировать научного редактора журнала о выявленных нарушениях принципов, стандартов и норм публикационной и научной этики.

Права и обязанности авторов

Публикационная этика базируется на соблюдении принципов:

Однократность публикации. Автор(-ы) гарантируют что представленная в редакцию рукопись статьи не была представлена для рассмотрения в другие издания. Представление рукописи одновременно в нескольких журналах/изданиях неприемлемо и является грубым нарушением принципов, стандартов и норм публикационной этики.

Авторство рукописи. Лицо, которое внесло наибольший интеллектуальный вклад в подготовку рукописи (при двух и более соавторах), является автором-корреспондентом и указывается первым в списке авторов.

Для каждой статьи должен быть назначен автор для корреспонденции, который отвечает за подготовку финальной версии статьи, коммуникацию с редколлегией, должен обеспечить включение всех участников исследования (при количестве авторов более одного), внесших в него достаточный вклад, в список авторов, а также получить одобрение окончательной версии рукописи от всех авторов для представления в редакцию для публикации. Все авторы, указанные в рукописи/статье, несут ответственность за содержание работы.

Принцип оригинальности. Автор(-ы) гарантирует, что результаты исследования, изложенные в рукописи, представляют собой оригинальную самостоятельную работу, и не содержат некорректных заимствований и плагиата, которые могут быть выявлены в процессе.

Авторы несут ответственность за публикацию статей с признаками неэтичного поведения, плагиата, самоплагиата, самоцитирования, фальсификации, фабрикации, искажения данных, ложного авторства, дублирования, конфликта интересов и обмана.

Принцип подтверждения источников. Автор(ы) обязуется правильно указывать научные и иные источники, которые он(и) использовал(и) в ходе исследования. В случае использования каких-либо частей чужих работ и/или заимствования утверждений другого автора(-ов) в рукописи должны быть указаны библиографические ссылки с указанием автора(-ов) первоисточника. Информация, полученная из сомнительных источников не должна использоваться при оформлении рукописи.

В случае, если у рецензентов, научного редактора, члена(-ов) редколлегии журнала возникают сомнения подлинности и достоверности результатов исследования, автор(-ы) должны предоставить дополнительные материалы для подтверждения результатов или фактов, приводимых в рукописи.

Исправление ошибок в процессе публикации. В случае выявления ошибок и неточностей в работе на любой стадии публикационного процесса авторы обязуются в срочном порядке сообщить об этом научному редактору и оказать помощь в устранении или исправлении ошибки для публикации на сайте журнала соответствующей коррекции (Erratum или Corrigendum) с комментариями. В случае обнаружения грубых ошибок, которые невозможно исправить, автор(-ы) должен(-ны) отозвать рукопись/статью.

Принцип соблюдения публикационной этики. Авторы обязаны соблюдать этические нормы, связанные с критикой или замечаниями в отношении исследований, а также в отношении взаимодействия с редакцией по поводу рецензирования и публикации. Несоблюдение этических принципов авторами расценивается как грубое нарушение этики публикаций и дает основание для снятия рукописи с рецензирования и/или публикации.

Конфликт интересов

Конфликт интересов, по определению Комитета по публикационной этике (COPE), это конфликтные ситуации, в которых авторы, рецензенты или члены редколлегии имеют неявные интересы, способные повлиять на их суждения

касательно публикуемого материала. Конфликт интересов появляется, когда имеются финансовые, личные или профессиональные условия, которые могут повлиять на научное суждение рецензента и членов редколлегии, и, как результат, на решение редколлегии относительно публикации рукописи.

Главный редактор, член редколлегии и рецензенты должны оповестить о потенциальном конфликте интересов, который может как-то повлиять на решение редакционной коллегии. Члены редколлегии должны отказаться от рассмотрения рукописи, если они состоят в каких-либо конкурентных отношениях, связанных с результатами исследования автора(-ов) рукописи, либо если существует иной конфликт интересов.

При подаче рукописи на рассмотрение в журнал, автор(-ы) заявляет о том, что в содержании рукописи указаны все источники финансирования исследования; также указывают, какие имеются коммерческие, финансовые, личные или профессиональные факторы, которые могли бы создать конфликт интересов в отношении поданной на рассмотрение рукописи. Автор(ы), в письме при наличии конфликта интересов, могут указать ученых, которые, по их мнению, не смогут объективно оценить их рукопись.

Рецензент не должен рассматривать рукописи, которые могут послужить причинами конфликта интересов, проистекающего из конкуренции, сотрудничества или других отношений с кем-либо из авторов, имеющих отношение к рукописи.

В случае наличия конфликта интересов с содержанием рукописи, ответственный секретарь должен известить об этом главного редактора, после чего рукопись передается другому рецензенту.

Существование конфликта интересов между участниками в процессе рассмотрения и рецензирования не значит, что рукопись будет отклонена.

Всем заинтересованным лицам необходимо, по мере возможности избегать возникновения конфликта интересов в любых вариациях на всех этапах публикации. В случае возникновения какого-либо конфликта интересов тот, кто обнаружил этот конфликт, должен незамедлительно оповестить об этом редакцию. То же самое касается любых других нарушений принципов, стандартов и норм публикационной и научной этики.

Неэтичное поведение

Неэтичным поведением считаются действия авторов, редакторов или издателя, в случае самостоятельного предоставления рецензии на собственные статьи, в случае договорного и ложного рецензирования, в условиях обращения к агентским услугам для публикации результатов научного исследования, лжеавторства, фальсификации и фабрикации результатов исследования, публикация недостоверных псевдо-научных текстов, передачи рукописи статей в другие издания без разрешения авторов, передачи материалов авторов третьим лицам, условия когда нарушены авторские права и принципы конфиденциальности редакционных процессов, в случае манипуляции с цитированием, плагиатом.

Теруге 24.11.22 ж. жіберілді. Басуға 27.12.22 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

66,9 Mb RAM

Шартты баспа табағы 93,80 Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: Е. Е. Калихан

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс № 4009

«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

nitk.tou.edu.kz