

**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 (2021)

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/PIZZ2271>

Импакт-фактор РИНЦ – 0,342

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

Члены редакционной коллегии:

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

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

© Торайгыров университет

МАЗМҰНЫ

МАШИНА ЖАСАУ

Барзов А. А., Пузаков В. С.
Жобалар мен инновацияларды сараптаудың экономикалық тиімділігін болжамды бағалаудың ықтималды моделі 9

Мардонов Б. Т., Равшанов Ж. Р., Шеров К. Т., Смайлова Б. Қ.
Өңделетін материалдың қаттылығының алдын-ала өңдеудің оңтайлы жылдамдығына әсерін зерттеу 22

Назарьев А. В., Бочкарев П. Ю., Гумаров Г. С.
Механикалық өңдеудің технологиялық операцияларын жобалаудың кіші жүйесінің моделі 30

Оспантаев М. К.
Төбесіз жону өтпелі кескіштің конструкциясын өзірлеу 40

Шаймардан А. Б., Мустафин А. Х., Сейтенова Г. Ж., Қабылқайыр Д. Н.
Екі бүйірлі тығыздағыштары бар ортадан тепкіш сорғыларды салқындату жүйесін жобалау 49

МЕТАЛЛУРГИЯ

Жунусов А., Кенжебекова А., Жунусова А.
Металлургиялық қалдықтарды қайта өңдеу 59

Касенов А. Ж., Тусупбекова М. Ж., Муканов Р. Б., Абсолямова Д. Р., Камаров А. У.
Түрлі конструкциядағы сумен салқындатылатын тескіш құралбіліктің қатты күйдегі компьютерлік модельдеуді талдау 67

Рыспаев Т. А.
РКУП-процесс бойынша наноқұрылымды магний қорытпаларын өндіру 79

Төлеуқадыр Р. Т., Габдуллин С. Т., Шабанов Е. Ж., Байсанов А. С., Сәлімгерей Н. А.
«Тегга» бағдарламалық кешенін пайдалана отырып ферросиликомарганец балқыту үрдісін термодинамикалық моделдеу 87

КӨЛІК

Балабаев О. Т., Аскарров Б. Ш., Рожков А. В., Саржанов Д. К., Кенжекулов К.К.
«Степногорск темір жолы» ЖШС «Промышленная» станциясының жұмысын талдау 96

Дахам В. А.
Автомобиль шиналарының резеңке қоспасының механикалық қасиеттерін жақсарту: әдебиетке шолу 105

Зарипов Р. Ю., Сулейменов А. Д., Каримова Ж. Р.
Тұтас металды ашық вагондардың сенімділігін зерттеу 119

Кульчицкий А. Р., Честнов Ю. И. Дизельдердегі пайдаланылған газдарды рециркуляциялау тиімділігін арттыру	129
Авторлар туралы ақпарат	139
Авторларға арналған ережелер	147
Жарияланым этикасы	157

СОДЕРЖАНИЕ

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Барзов А. А., Пузаков В. С. Вероятностная модель предиктивной оценки экономической эффективности экспертизы проектов и инноваций	9
Мардонов Б. Т., Равшанов Ж. Р., Шеров К. Т., Смайлова Б. К. Исследование влияния твердости обрабатываемого материала на оптимальную скорость предварительной приработки	22
Назарьев А. В., Бочкарев П. Ю., Гумаров Г. С. Модель подсистемы проектирования технологических операций механообработки	30
Оспантаев М. К. Разработка конструкции безвершинного токарного проходного резца	40
Шаймардан А. Б., Мустафин А. Х., Сейтенова Г. Ж., Қабылқайыр Д. Н. Проектирование системы охлаждения центробежных насосов с двойными торцевыми уплотнениями	49

МЕТАЛЛУРГИЯ

Жунусов А., Кенжебекова А., Жунусова А. Переработка металлургических отходов	59
Касенов А. Ж., Тусупбекова М. Ж., Муканов Р. Б., Абсолямова Д. Р., Камаров А. У. Анализ твердотельного компьютерного моделирования водоохлаждаемых оправок различной конструкции	67
Рыспаев Т. А. Производство наноструктурных магниевых сплавов по РКУП-процессу	79
Телеуқадыр Р. Т., Габдуллин С. Т., Шабанов Е. Ж., Байсанов А. С., Сәлімгерей Н. А. Термодинамическое моделирование процесса выплавки ферросиликомарганца с использованием программного комплекс «Тerra»	87

ТРАНСПОРТ

Балабаев О. Т., Аскаргов Б. Ш., Рожков А. В., Саржанов Д. К., Кенжекулов К. К. Анализ работы станции «Промышленная» ТОО «Степногорск темір жолы»	96
Дахам В. А. Улучшение механических свойств резиновой смеси автомобильных шин: обзор литературы	105
Зарипов Р. Ю., Сулейменов А. Д., Каримова Ж. Р. Исследование надежности цельнометаллических полувагонов	119

Кульчицкий А. Р., Честнов Ю. И.

Повышение эффективности рециркуляции отработавших газов в дизелях 129

Сведения об авторах 139

Правила для авторов 147

Публикационная этика 157

CONTENTS

MECHANICAL ENGINEERING

Barzov A. A., Puzakov V. S.

Probabilistic model for predictive cost-effectiveness assessment of project expertise and innovation 9

Mardonov B. T., Ravshanov Zh. R., Sherov K. T., Smaylova B. K.

Research on the influence of the processed material hardness on the optimal speed of preworking 22

Nazaryev A. V., Bochkarev P. Yu., Gumarov G. S.

A model of the subsystem for designing technological machining operations 30

Ospantaev M. K.

Development of the design of a peakless rotary cutting tool 40

Shaimardan A. B., Mustafin A. H., Seitenova G. J., Kabylkaiyr D. N.

Design of a cooling system for centrifugal pumps with double mechanical seals 49

METALLURGY

Zhunosov A., Kenzhebekova A., Zhunosova A.

Recycling of metallurgical wastes 59

Kassenov A. Zh., Tussupbekova M. Zh., Mukanov R. B.,

Absolyamova D. R., Kamarov A. U.

Analysis of solid-state computer modeling of water-cooled internal tools of various designs 67

Ryspaev T. A.

Herstellung von nanostrukturierten Magnesiumlegierungen durch ECAP-Prozess 79

Toleukadyr R. T., Gabdullin S. T., Shabanov Ye. Zh., Baisanov A. S.,

Salimgerei N. A.

Thermodynamic modeling of the process of smelting ferrosilicomanganese using the software complex «TERRA» 87

TRANSPORT

Balabayev O. T., Askarov B. Sh., Rozhkov A. V.,

Sarzhanov D. K., Kenzhekulov K. K.

Analysis of the work of the station «Promyshlennaya» LLP «Stepnogorsk temir zholy» 96

Dahham A. W.

Improving the mechanical properties of the rubber compound of the vehicles' tires: a literature overview 105

Zaripov R. Y., Suleimenov A. D., Karimova Zh. R.

Investigation of the reliability of all-metal gondola cars 119

Kulchitskiy A. R., Chestnov Yu. I.

Increasing the efficiency of exhaust gas recirculation in diesels 129

Information about the authors 139

Rules for authors 147

Publication ethics 157

МАШИНОСТРОЕНИЕ

МРНТИ 55.13.17

<https://doi.org/10.48081/TUTP2101>**А. А. Барзов¹, *В. С. Пузаков²**¹Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Российская Федерация, г. Москва;²ООО «Бюро Энергетика», Российская Федерация, г. Раменское**ВЕРОЯТНОСТНАЯ МОДЕЛЬ ПРЕДИКТИВНОЙ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОЕКТОВ И ИННОВАЦИЙ**

Предлагается вероятностная модель технико-экономической эффективности применения экспертизы, как действенного аппарата предиктивного оценивания функционального качества различных объектов. Показана положительная экономическая роль экспертизы в условиях неопределенности ранних этапов их жизненного цикла, например, при выборе потенциально результативной инновации и/или при разработке проектов систем энерго-, теплоснабжения. Верификационно-определяющее значение для принятия соответствующих управленческих решений имеет институт экспертизы, как действенный фильтр качества объекта анализа (ОА) на ключевых, особенно ранних этапах их жизненного цикла (ЖЦ). Поэтому вероятностный анализ технико-экономической эффективности данного института, как структурного элемента ЖЦ самых различных ОА, представляет собой важный прикладной аспект вариативно-отраслевой предиктивной квалиметрии основных технологий жизнедеятельности и жизнеобеспечения, к которым относится сфера тепло-, водо- и энергоснабжения различных потребителей. Намечены пути совершенствования предлагаемой модели, в частности, за счет учета в её структуре функционально-значимого масштабного фактора.

Предложенный структурно-вероятностный подход в перспективе может оказаться весьма полезным при анализе и другой проблематики со значительной компонентой неопределенности как в микромасштабах типа предиктивных оценок эффективности функционирования иммунной системы биологических объектов, так и в глобальных задачах.

Ключевые слова: жизненный цикл; объект анализа; система экспертизы качества; экспертно-критериальный анализ; функциональное качество объектов; конструкторско-технологическое решение.

Введение

Трудноформализуемый и вариативный характер самых ранних этапов жизненного цикла (ЖЦ) различных объектов анализа (ОА), например, проектов машиностроительного или иного профиля, а также потенциально эффективных инноваций в этой сфере, предопределяет использование структурно-вероятностного подхода к предиктивной оценке их функционального качества с технико-экономических позиций. Причем, как известно [1–6], верификационно-определяющее значение для принятия соответствующих управленческих решений имеет институт экспертизы, как действенный фильтр качества ОА на ключевых, особенно ранних этапах их ЖЦ. Поэтому вероятностный анализ технико-экономической эффективности данного института, как структурного элемента ЖЦ самых различных ОА, представляет собой важный прикладной аспект вариативно-отраслевой предиктивной квалиметрии основных технологий жизнедеятельности и жизнеобеспечения, к которым относится сфера тепло-, водо- и энергоснабжения различных потребителей.

Материалы и методы

Ключевым понятием при построении вероятностной модели оценки технико-экономического качества будем считать возможные потери от аномально-недопустимого функционирования ОА и/или риск наступления этого события в стоимостном выражении. Тогда вполне очевидно следующее представление разрабатываемой модели экономической эффективности института экспертизы:

$$\Delta C = C_0 - C_3, \quad (1)$$

где ΔC – разность между уровнями технико-экономических потерь в случае материализации рисков некачественного функционирования ОА без наличия этапа или фактора экспертизы в его ЖЦ (C_0) и при реализации соответствующего экспертно-аналитического сопровождения (C_3).

При прочих равных условиях C_0 и C_3 лианеризованном виде можно представить как:

$$C_0 = C_q q_0. \quad (2)$$

$$C_3 = C_q q_3 + C_3. \quad (3)$$

где C_q – параметр, отражающий влияние вероятности отказа при функционировании конкретного ОА на затратность или технико-экономические потери в стоимостном выражении при материализации этого события;

C_3 – прямые экономические затраты на организацию и проведение экспертизы предиктивно-функционального качества ОА;

q_0 и q_3 – соответственно риски потери функциональности ОА без и с экспертизой его ожидаемого качества, в том числе надежной эксплуатации.

Очевидно, что для целого ряда ОА ответственного назначения, к которым можно отнести функционально-масштабные системы энерго- гидро- и теплоснабжения линейность связей в (2) и (3) будет нарушена. Причём, снижение вероятности отказов таких систем положительно повлияет и на уменьшение затратности аварийно-восстановительных работ, что в принципе можно учесть в структуре соотношений (1–3).

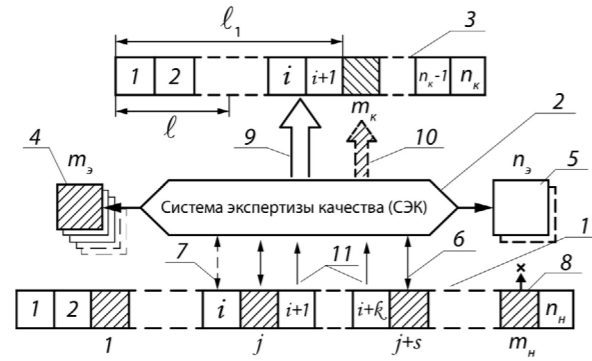
Результаты и обсуждение

Для наглядного представления кинетики формирования функционального качества однотипной совокупности природоразличных ОА с учетом активной роли экспертно-аналитического анализа в процессе повышения их технико-экономической эффективности предложим схему селекции данных объектов по признаку «годен» – индекс (г) и условно «негоден» – индекс (н), показанную на рисунке 1. К отличительным чертам экспертно-аналитической структуры такой системы обеспечения качества ОА на соответствующих этапах их ЖЦ следует отнести:

1 Вероятностный характер функционирования института экспертизы, его не абсолютная надежность применения как активного фильтра качества в ЖЦ различных ОА.

2 Влияние числа (количества) экспертируемых ОА на показатели надежности системы их градационно-критериальной селекции, т.е. на качество функционирования такой информационно-диагностической структуры в ЖЦ данных объектов.

Заметим, что в целом при организации экспертизы предиктивного качества должны соблюдаться принципы симультанности, позиционности и цикличности, обеспечивающие одновременность экспертного сопровождения с формированием функционального облика ОА, проведение экспертизы качества на определенных этапах ЖЦ и через соответствующие промежутки времени. Рассмотрим процесс экспертизы совокупности ОА по признаку «годен» – «не годен», схематично представленный на рисунке 1, в виде алгоритма функционирования активного фильтра качества, т.е. структурно-симультанного элемента, обеспечивающего снижение доли негодных объектов в их исходном массиве. Это позволит поэтапно конкретизировать структуру выражений (1–3), что необходимо для построения соответствующей вероятностной модели.



1 – исходный (И) массив объектов анализа (ОА); 2 – система экспертизы качества (СЭК) исходного массива 1; 3 – конечная (к) совокупность ОА после СЭК (поз. 2); 4 – обнаруженное m_3 -ое количество недостаточно качественных ОА – основной итог работы СЭК; 5 – ложное срабатывание СЭК и отбраковка n_3 -ого числа годных ОА; 6 – эффективная отбраковка (обнаружение) СЭК недостаточно качественных ОА; 7 – ложное срабатывание СЭК и «отбраковка» годных ОА; 8 – сбой в СЭК и «пропуск» в массив 3 не достаточно качественного ОА; 9 – совокупность годных ОА, формируемая СЭК; 10 – совокупность не годных ОА, наличие которой обусловлено сбоем (отказом) СЭК; 11 – ОА, формирующие массив n_k из n_i после СЭК.

Рисунок 1 – Структурная схема функционирования системы экспертизы качества (СЭК) различных ОА

Используя определенные критериальные и другие информативно-отличительные признаки, исходную (индекс: «и») функционально-латентную совокупность годных и не годных ОА система экспертизы качества (СЭК) трансформирует в аналогичный конечный (индекс: «к») массив, но с существенно меньшей «концентрацией» брака – относительного числа негодных элементов к количеству годных

$$n_{И} + m_{И} \rightarrow n_{К} + m_{К}, \quad (4)$$

где n и m – соответственно количество годных и негодных ОА. Причем, $n_{И}$ и $m_{И}$ – истинные, по априори неизвестные, латентно-отличительные предиктивно-функциональные параметры данных ОА.

Формализуем не идеальный характер функционирования СЭК, так как иногда она сама «дает сбой», т.е. генерирует ошибочные оценки предиктивного качества экспертируемых ОА, что можно определить как:

$$\Delta n = n_{И} - m_{К}; \Delta m = m_{И} - m_{К}, \quad (5)$$

где Δn и Δm – соответственно количество неверно оцененных ОА при функционировании СЭК.

Очевидно, что совершенство СЭК состоит в максимально достижимом обеспечении выполнения следующих символических соотношений:

$$\text{так как } n \rightarrow 0; \Delta m \rightarrow m_{И}, \text{ так как } m_{К} \rightarrow 0. \quad (6)$$

Последнее выражение формализует основное требование к СЭК по недопустимости пропуска «брака» и требование по максимально возможной минимизации количества ошибочно «затракованных» ОА на соответствующих этапах их ЖЦ. Заметим, что особенно важно выполнение этих требований при экспертно-критериальном анализе (ЭКА) инноваций, потенциально повышающих функциональное качество различных объектов (ФКО), а также на ранних этапах проектирования и формирования соответствующих управленческих решений технико-экономического и/или организационно-кадрового характера.

В целом детерминированный, а затем вероятностный баланс совокупности элементов, представленных на рисунке 1 с позиций их соответствия требованиям к качеству рассматриваемых ОА по градационному принципу «годен» – «не годен», можно представить в виде:

$$n_{И} + m_{И} = (m_{Э} + n_{Э}) + (n_{К} + m_{К}), \quad (7)$$

где индексы «И», «Э» и «К» соответствуют исходному массиву ОА, этапу его ЭКА по критериям качества и совокупности ОА после этой процедуры; n и m , как и ранее, соответственно означает число годных или достаточно качественных ОА и количество не годных с этих позиций элементов рассматриваемой совокупности.

Заметим, что (7) в детерминированном виде отражает соотносительность между ОА, которые успешно прошли этап ЭКА – второе слагаемое в скобках, и «отсеянных» на этом этапе ОА – первое слагаемое данного выражения. Причем, значения n и m по сути характеризуют функциональную надежность СЭК рассматриваемой совокупности ОА различной физической природы.

Представим (7) в вероятностном виде, например, после перегруппировки слагаемых:

$$P_{Э} + q_{Э} = 1,0. \quad (8)$$

Причем, вполне очевидно, что $P_{Э}$ и $q_{Э}$ определяются из (7) и (8) как:

$$P_{Э} = (m_{Э} + n_{К}) / (n_{И} + m_{И}) \quad (9)$$

$$q_{Э} = (n_{Э} + m_{К}) / (n_{И} + m_{И}). \quad (10)$$

где P_3 – вероятность безотказного, т.е. достаточно эффективного функционирования СЭК;

q_3 – вероятность отказа СЭК в виде сбоя в её функционировании.

Таким образом, соотношения (8–10) представляют вероятностный баланс совокупности ОА с учетом информационно-диагностической роли СЭК, обеспечивающей его селекционную градацию по критерию качества исходных элементов.

Заметим, что кроме технико-экономического анализа достаточно общих вероятностных соотношений типа (8–10), определенный научно-прикладной интерес для квалиметрии ранних этапов ЖЦ различных ОА, может представлять изучение более частных соотношений. К числу таких соотношений следует, например, отнести:

$$p_{ЭН} = m_{ЭН}/m_{И}; q_{ЭГ} = n_{ЭГ}/n_{И}, \quad (11)$$

где $p_{ЭН}$ и $q_{ЭГ}$ – соответственно характеризуют вероятностную эффективность функционирования СЭК и возможный отказ или сбой в её работе, т.е. ложную отбраковку годных ОА.

Кроме этих дополнительных функционально-вероятностных характеристик СЭК информационный интерес представляют и другие относительные параметры, типа:

$$\bar{q}_3 = m_{КН}/m_{ЭН} \text{ или } \bar{p}_3 = n_{К}/n_{И}, \quad (12)$$

где \bar{q}_3 и \bar{p}_3 определяют соотносительность градационных возможностей СЭК в виде относительной величины отказа этой системы и её эффективной работы. Причем, их отношение \bar{q}_3/\bar{p}_3 также обладает определенной информативностью при общем анализе результативности функционирования самой СЭК.

Учитывая вышеизложенное, возможные технико-экономические потери в виде (2) и (3) при нерасчетных, аварийных режимах эксплуатации и/или при спонтанном выходе из строя ОА, в значительной мере обусловленных недостатками комплексного обеспечения ФКО на ранних этапах их ЖЦ, в стоимостном выражении можно детально представить следующим образом: без применения СЭК:

$$C_0 = c_q \cdot m_u \quad (13)$$

с использованием СЭК:

$$C_3 = c_q \cdot m_{К} + c_p \cdot n_3 + c_3 \cdot (n_{И} + m_{И}), \quad (14)$$

где c_q – коэффициент, отражающий возможные потери в стоимостном выражении при отказе одного ОА;

c_p – коэффициент, характеризующий экономический эффект функционирования ОА;

c_3 – коэффициент, комплексно учитывающий прямые затраты на функционирование СЭК, приведенные к стоимости экспертизы одного ОА.

Тогда с учетом (13) и (14) формируемая модель вероятностной оценки технико-экономической эффективности СЭК, согласно (1), примет вид:

$$\Delta C = c_q(m_{И} - m_{К}) - c_p n_3 - c_3(n_{И} + m_{И}). \quad (15)$$

Или в вероятностно-относительном виде после сравнительной оценки слагаемых в (15) с учетом малости величины n_3 , определяющей ложные срабатывания СЭК, будем иметь:

$$\Delta c = c_q(q_0 - q_3) - c_3. \quad (16)$$

Причем, Δc , q_0 и q_3 в (16) определяется как:

$$\Delta c = \Delta C / (n_{И} + m_{И}); \quad (17)$$

$$q_0 = m_{И} / (n_{И} + m_{И}) \quad (18)$$

$$q_3 = m_{К} / (n_{И} + m_{И}) \quad (19)$$

где Δc – удельная экономическая эффективность, т.е. значение ΔC , приведенное к одному ОА в случае использования СЭК;

q_0 – вероятность наличия брака в рассматриваемом массиве ОА;

q_3 – вероятность наличия негодных ОА в конечном массиве после его ЭКА.

Заметим, что соотношение (16) формально-структурно совпадает с (1) с учетом (2) и (3). Однако, вышеприведенные рассуждения позволяют конкретизировать структуру q_0 и, что особенно важно, q_3 , определяемую в частности выражением (10).

Таким образом, соотношение (16) представляет собой вероятностную модель сравнительной оценки технико-экономической эффективности СЭК, структура которой детализируется детерминированными соотношениями (7-15). Обоснованно считая СЭК нагруженным резервом процесса формирования ФКО, ее отказ в этом случае можно представить как:

$$q_3 = \bar{q}_3 \cdot q_0. \quad (20)$$

Тогда (16) с учетом (20) примет вид:

$$\Delta \bar{c} = (1 - \bar{q}_3) - \bar{c}_3 \quad (21)$$

где $\Delta \bar{c} = \Delta c / (c_q \cdot q_0)$ – комплексный показатель, характеризующий относительный экономический эффект от рационального применения СЭК;

$\bar{c}_3 = c_3 / (c_q \cdot q_0)$ – показатель, определяющий удельную затратность процедуры экспертизы в стоимостном выражении по отношению к возможным удельным экономическим потерям при отказе одного ОА.

Фактически (21) представляет собой наглядно-линейную вероятностную модель, связывающую рассматриваемые параметры в единый функциональный комплекс, анализ которого позволяет определить экономическую целесообразность рационального применения СЭК самых различных ОА, в частности, формирования ФКО на ранних этапах их ЖЦ. Проиллюстрируем данное положение характерным примером.

Для определенности предположим, что эффективность СЭК и её стоимость связаны соотношением вида:

$$c_3 \cdot \bar{q}_3 = k_3, \quad (22)$$

где k_3 – параметр, определяющий функциональную связь между относительной эффективностью СЭК (\bar{q}_3) и её удельной стоимостью \bar{c}_3 . Тогда (21) с учетом (22) примет вид:

$$\Delta \bar{c} = (1 - k_3/c_3) - c_3/(c_q \cdot q_0). \quad (23)$$

Определим экстремум (23) по стандартной процедуре и получим:

$$c_3(opt) = \sqrt{[k_3/(c_q \cdot q_0)]} \quad (24)$$

где $c_3(opt)$ – оптимальное значение стоимости СЭК, обеспечивающее максимальную технико-экономическую эффективность её применения.

Причем, с учетом (24) по соотношению (22) легко определяется и соответствующее экономически рациональное значение \bar{q}_3 , характеризующее надежность работы самой СЭК.

Решая (23) относительно c_3 , можно определить интервал экономически рационального использования СЭК в конкретных условиях. Для этого положим, что СЭК обладает минимально допустимой экономической эффективностью при формировании ФКО, т.е. значение: \bar{c} в (23) принимает нулевое значение:

$$(1 - k_3/c_3) - c_3/(c_q \cdot q_0) = 0. \quad (25)$$

Тогда границы интервала рационального использования СЭК, функционально определяемые четкой соотносительностью между параметрами рассматриваемой системы формирования ФКО будут характеризоваться значениями, полученными после решения обычного квадратного уравнения вида:

$$c_3^2 - (c_q \cdot q_0)c_3 + k_3c_q \cdot q_0 = 0. \quad (26)$$

Из (26) следует, что:

$$c_3 = c_q \cdot q_0 \{ (1/2 \pm \sqrt{[1/4 - k_3/(c_q \cdot q_0)]}) \}. \quad (27)$$

На рисунке 2 представлен типовой характер изменения функциональной зависимости, определяющей экономическую эффективность применения рассматриваемой СЭК. Данная зависимость наглядно иллюстрирует наличие параметрического интервала рационального применения СЭК и существования максимального экономического эффекта от её использования при решении широкого круга практических задач по обеспечению функционального качества самых различных ОА, в том числе на ранних этапах их ЖЦ. Помимо детального, в том числе верификационно-статистического, анализа полученных соотношений интерес представляет тот факт, что в рамках принятых допущений четко определяется соотношение, позволяющее обоснованно судить о принципиальной необходимости применения СЭК в каждом конкретном случае. Это следует из рассмотрения подкоренного выражения в (27), согласно которому СЭК будет потенциально результативна только в случае выполнения неравенства вида:

$$k_3/(c_q \cdot q_0) \leq 1/4. \quad (28)$$

Таким образом, чем более надёжна основная система формирования ФКО, тем в меньшей степени она нуждается в специальном экспертно-аналитическом сопровождении. Принципиально аналогичный результат может быть получен непосредственно из (21) с учётом того, что выражение в скобках по сути представляет собой вероятность безотказного функционирования \bar{q}_3 рассматриваемой СЭК:

$$\bar{p}_3 = (1 - \bar{q}_3). \quad (29)$$

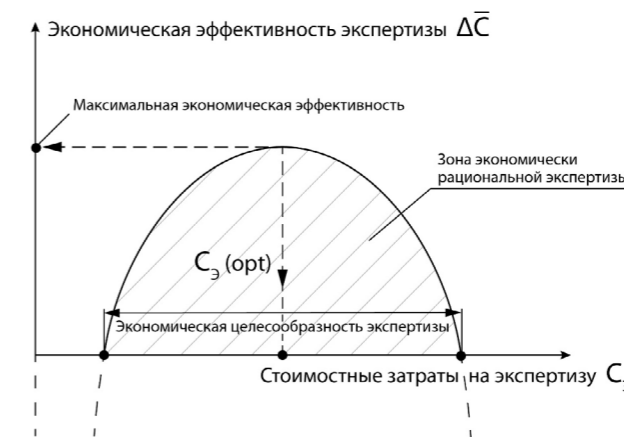


Рисунок 2 – Влияние затрат на экспертизу функционального качества различных объектов анализа на их итоговую экономичность практического применения

Тогда, вполне обоснованно полагая наличие априори известной функциональной связи между \bar{p}_3 и c_3 , по вышеизложенному алгоритму производится оценка экономически рациональных параметров СЭК. В конечном счете, эта оценка определяется величиной возможных потерь при аномальном выходе из строя рассматриваемой совокупности или одного ОА: $c_q \cdot q_o$. Заметим, что в этом случае полученные ранее конкретные значения $c_3(opt)$ и границы применимости СЭК в целом, конечно, будут отличаться от представленных выше из-за функциональной вариативности используемых допущений.

Однако, научно-прикладная значимость принципиального положения об экономической, расчетно-обусловленной целесообразности применения структурно-рациональных СЭК. Значимость этого положения будет возрастать особенно в случае информационной неопределенности в оценке потенциала системы формирования ФКО, что весьма характерно для ранних этапов проектирования ОА и/или обоснованного выбора конкретного инновационного КТР, т.е. по мере увеличения возможных потерь от материализации рисков. В дальнейшем, при более детальном анализе функционально-экономических особенностей различных СЭК необходимо учитывать масштабный фактор, согласно которому при прочих равных условиях надёжность любой системы снижается с увеличением количества её конфигурационно-определяющих структурных элементов [7–11]. В данном случае достоверность результатов от применения СЭК будет негативно зависеть от общего числа рассматриваемых ОА, причем, это обстоятельство, как отмечалось ранее, входит в число приоритетных задач предиктивно-прикладной квалиметрии.

Выводы

Таким образом, предложенная вероятностно-экономическая модель ЭКА обладает необходимым потенциалом результативности для решения различных задач, связанных с повышением функционального качества ранних этапов ЖЦ различных ОА, в частности при выборе наиболее эффективного инновационного КТР и/или при проектировании технически сложного объекта, например, системы энерго-, теплоснабжения населенных пунктов и/или промышленных предприятий. Причем, предложенный структурно-вероятностный подход в перспективе может оказаться весьма полезным при анализе и другой проблематики со значительной компонентой неопределенности как в микромасштабах типа предиктивных оценок эффективности функционирования иммунной системы биологических объектов, так и в глобальных задачах, например, при массовом профилактически-диагностическом скрининге.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

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

2 Барзов, А. А., Денчик, А. И., Мусина, Ж. К., Ткачук, А. А. Разработка аналитической модели вероятностного формирования точности исполнительного размера с учетом влияния масштабного фактора // Наука и техника Казахстана. – 2021. – № 1. – С. 19–29. – DOI 10.48081/NDHT5126.

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

4 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.

5 Барзов, А. А., Денчик, А. И., Корнеева, В. М., Корнеев, С. С. Вероятностная модель взаимодействия необходимых и достаточных условий массовой заболеваемости населения с учетом масштабно-популяционного фактора // Качество и жизнь. – 2020. – № 3 (27). – С. 19–26.

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

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

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

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

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

11 Половко, А. М., Гуров, С. В. Основы теории надёжности, 2-е изд., переработанное. – СПб. : БХВ, Петербург, 2006. – 704 с.

REFERENCES

1 Barzov, A. A., Korneeva, V. M., Korneev, S. S. Probabilistic assessment of the quality of innovations in the early stages of their life cycle // Quality and life. – 2018. – № 12. – P. 94–100.

2 Barzov, A. A., Denchik, A. I., Musina, Zh. K., Tkachuk, A. A. Development of an analytical model of probabilistic formation of the accuracy of the executive size taking into account the influence of the scale factor // Science and Technology of Kazakhstan. – 2021. – No. 1. – P. 19–29. – DOI 10.48081/NDHT5126.

3 Barzov, A. A., Korneeva, V. M., Korneev, S. S. Probabilistic modeling of the kinetics of the process of disinfecting liquids during their ultra-jet hydrophysical processing // Quality and life. – 2018. – № 12. – P. 311–317.

4 **Barzov, A. A., Korneeva, V. M., Korneev, S. S., Feofanov, A. N.** Probabilistic analysis of the effectiveness of the examination of the early stages of the life cycle of high-tech products // Bulletin of MSTU «Stankin». – 2020. – № 2 (53). – P. 14–18.

5 **Barzov, A. A., Denchik, A. I., Korneeva, V. M., Korneev, S. S.** Probabilistic model of interaction of necessary and sufficient conditions of mass incidence of population taking into account scale-population factor // Quality and life. – 2020. – № 3(27). – P. 19–26.

6 **Barzov, A. A., Korneeva, V. M., Feofanov, A. N.** Examination of information and diagnostic capabilities of forming technologies // Bulletin of MSTU «Stankin». – 2020. – № 1 (52). – P. 7–12.

7 **Barzov, A. A., Denchik, A. I., Prokhorova, M. A., Sysoev, N. N.** Large-scale factor (phenomenology and physical and technological applications). – Moscow : Lomonosov Moscow State University. Department of Physics, 2021. – 194 p.

8 **Barzov, A. A., Kuznetsov, A. V., Sysoev, N. N.** Physical S-technologies. – Moscow : Lomonosov Moscow State University. Department of Physics, 2021. – 233 p.

9 **Barzov, A. A., Vetlinskaya, M. V., Sysoev, N. N.** Predictive modeling of hard-to-formalize categories. – Moscow : Lomonosov Moscow State University. Department of Physics, 2021. – 274 p.

10 **Gmurman, V. E.** Probability theory and mathematical statistics. – Moscow.: Higher School, 2004. – 479 p.

11 **Polovko, A. M., Gurov, S. V.** Fundamentals of reliability theory, 2nd ed., Revised – St. Petersburg : BHV, Petersburg : BHV, Petersburg, 2006. – 704 p.

Материал поступил в редакцию 17.12.21.

A. A. Barzov¹, *V. S. Puzakov²

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

²«Бюро Энергетика» ЖШҚ, Ресей Федерациясы, Раменское қ. Материал баспаға 17.12.21 түсті.

ЖОБАЛАР МЕН ИННОВАЦИЯЛАРДЫ САРАПТАУДЫҢ ЭКОНОМИКАЛЫҚ ТИІМДІЛІГІН БОЛЖАМДЫ БАҒАЛАУДЫҢ ЫҚТИМАЛДЫ МОДЕЛІ

Әр түрлі объектілердің функционалды сапасын алдын-ала бағалаудың тиімді құралы ретінде сараптаманы қолданудың техникалық және экономикалық тиімділігінің ықтималды моделі ұсынылады. Сараптаманың олардың өмірлік циклінің ерте кезеңдерінің белгісіздігі жағдайында, мысалы, әлеуетті нәтижелі инновацияны таңдау кезінде және/немесе энергиямен, жылумен жабдықтау жүйелерінің жобаларын әзірлеу кезінде оң экономикалық рөлі көрсетілген. Тиісті басқарушылық шешімдерді қабылдау үшін негізгі, әсіресе олардың өмірлік циклінің (өмірлік циклінің) алғашқы кезеңдерінде талдау объектісі (ОА) сапасының тиімді сүзгісі ретінде сараптама институты верификациялық-айқындаушы

мәнге ие. Сондықтан, осы институттың техникалық-экономикалық тиімділігін ықтималды талдау, әр түрлі ОА-ның өмірлік циклінің құрылымдық элементі ретінде, әр түрлі тұтынушыларды жылу, су және энергиямен жабдықтау саласын қамтитын тіршілік пен тіршілікті қамтамасыз етудің негізгі технологияларының вариативті-салалық болжамдық квалиметриясының маңызды қолданбалы аспектісі болып табылады. Ұсынылған модельді жетілдіру жолдары, атап айтқанда, оның құрылымында функционалды маңызды ауқымды факторды ескеру арқылы көрсетілген.

Перспективада ұсынылған құрылымдық-ықтималдық тәсіл биологиялық объектілердің иммундық жүйесінің жұмысының тиімділігін болжамды бағалау түрінің микро-масштабында да, жаһандық міндеттерде де белгісіздіктің маңызды құрамдас бөлігі бар басқа мәселелерді талдауда өте пайдалы болуы мүмкін.

Кілтті сөздер: өмірлік цикл; талдау объектісі; сапаны сараптау жүйесі; сараптамалық-критериалдық талдау; объектілердің функционалды сапасы; конструкторлық-технологиялық шешім.

A. A. Barzov¹, *V. S. Puzakov²

¹Lomonosov Moscow State University, Russian Federation, Moscow;

²LLC «Bureau Energy», Russian Federation, Ramenskoye.

Material received on 17.12.21.

PROBABILISTIC MODEL FOR PREDICTIVE COST-EFFECTIVENESS ASSESSMENT OF PROJECT EXPERTISE AND INNOVATION

Probabilistic model of techno-economic efficiency of application of expertise as effective apparatus of predictive assessment of functional quality of various objects is proposed. The positive economic role of expertise in conditions of uncertainty of early stages of their life cycle is shown, for example, when choosing potentially effective innovations and/or when developing projects of energy and heat supply systems. The institution of expertise, as an effective quality filter of the object of analysis (OA) at key, especially early stages of their life cycle (LC), is of verification and determining importance for making appropriate management decisions. Therefore, the probabilistic analysis of the technical and economic efficiency of this institute, as a structural element of the LC of a wide variety of OA, is an important applied aspect of the variable-industry predictive qualification of the main technologies of life activity and life support, which include the sphere of heat, water and energy supply to various consumers. Ways to improve the proposed model are outlined, in particular, due to taking into account a functionally significant scale factor in its structure.

The proposed structural-probabilistic approach in the future may be very useful in the analysis of other problems with a significant component of uncertainty both in micro-scales such as predictive assessments of the effectiveness of the functioning of the immune system of biological objects, and in global tasks.

Keywords: life cycle; analysis object quality examination system; expert-criterion analysis; functional quality of objects; design and technological solution.

Б. Т. Мардонов¹, Ж. Р. Равшанов², *К. Т. Шеров³, Б. К. Смайлова⁴

^{1,2}Навоийский государственный горный институт,
Узбекистан, г. Навоий;

³Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина,
Республика Казахстан, г. Нур-Султан;

⁴Карагандинский технический университет,
Республика Казахстан, г. Караганда;

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТВЕРДОСТИ ОБРАБАТЫВАЕМОГО МАТЕРИАЛА НА ОПТИМАЛЬНУЮ СКОРОСТЬ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ПРИРАБОТКИ

Предварительная приработка как метод повышения стойкости и надежности инструмента экономически оправдана применительно к дорогостоящему инструменту, работа которых сопряжена с большими материально-техническими затратами. К таким инструментам можно отнести фасонные, зуборезные, шлице обрабатывающие инструменты и другие. Годовые затраты на эксплуатацию данной группы инструментов зачастую превышают расходы, связанные с обслуживанием самого станка. Многофакторность процесса износа режущего инструмента является основной причиной, затрудняющей строгое математическое описание этого явления, поэтому методика исследования предусматривала сведение нежелательного фактора к минимуму и усиление интересующего. Это достигалось путем многократных повторений одной и той же серии опытов с соответствующим подсчетом критериев адекватности, либо проведением лабораторных опытов при варьировании одним или двумя факторами процесса при строгом соблюдении постоянства остальных.

В данной статье приводятся результаты исследования влияния твердости обрабатываемого материала на оптимальную скорость предварительной приработки. Установлено, что эффективность предварительной приработки режущего инструмента можно повысить, если использовать в качестве приработочного материала стали с повышенной твердостью. Исследование выполнено в рамках грантового проекта БВ-Атех-2018-374 «Усовершенствование технологии производства зубчатых колёс в условиях Республики Узбекистан».

Ключевые слова: приработка, режущий инструмент, качества, твердость, деформационное упрочнение.

Введение

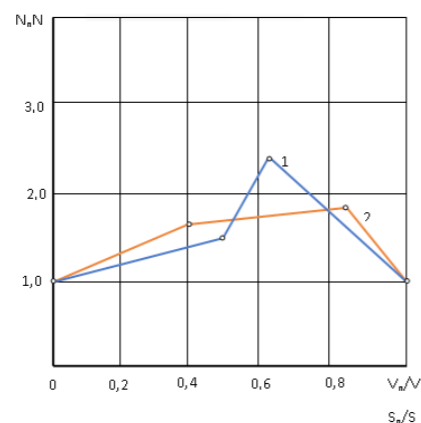
Высокие темпы развития машиностроения, широкое внедрение автоматических линий, станков с числовым программным управлением и гибких производственных

систем выдвигают задачу наиболее полного обеспечения современного оборудования надежным и высокопроизводительным инструментом [1, 2]. Особое внимание следует уделять операциям обработки, которые требуют больших затрат времени, режущего инструмента, специальных приспособлений.

Существования оптимальных режимов предварительной приработки инструмента является в теоретическом и экспериментальном плане доказанной, однако быстрое и надёжное их определение остаётся открытым вопросом. Учитывая, что доминирующую роль в процессе формирования износостойких контактных вторичных структур играют процессы деформационного упрочнения, оптимизация режимов предварительной приработки необходимо решать с деформационно-термических позиции. Деформационные процессы упрочнения при приработке инструмента реализуется на фоне технологические факторов, поэтому при решении задач оптимизации приработки необходимо учитывать все технологические особенности эксплуатации конкретного типа инструмента [3–5].

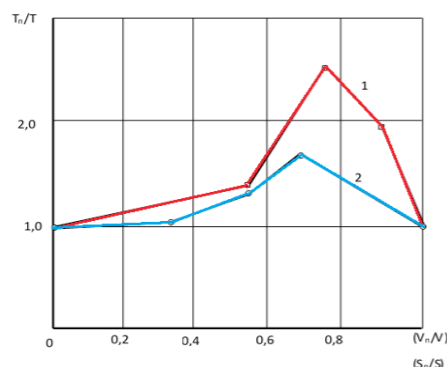
Материалы и методы

Многочисленными экспериментальными исследованиями установлено [6–8], что для большинства металлорежущих инструментов оптимальные условия предварительной приработки лежат в области заниженных режимов резания, достичь которые можно за счет снижения либо скорости резания, либо подачи. Для уточнения эффективности приработки при варьировании различных параметров режимов резания была приведена специальная серия опытов, когда оптимальный режим достигался путем автономного занижения скорости и подачи. На рисунке 1 представлено влияние соотношение подач и скоростей предварительной эксплуатации на степень повышения стойкости. Эксперименты выполнялись в цеховых условиях ПО НМЗ ГП НГМК при эксплуатации червячной фрезы $m = 6,0$ мм из Р6М5Ф при обработке зубчатых колес $Z=38$, шириной венца $B=40$ мм. Резания осуществляли в условиях полива сульфозреолом. Анализируя представленные результаты, следует, что на практике возможна приработка инструмента путем занижения скорости и подачи, так как в обоих случаях имеется оптимум, приработка на которых обеспечивает максимум повышения стойкости. Однако эффект повышения стойкости при приработке на оптимальной скорости превышает таковую по сравнению с приработкой на оптимальной подаче. Действительно в первом случае повышение стойкости достигло 2,3 раз, в то время как во втором лишь 1,85. Другой отличительной особенностью является то, что оптимальный режим приработки по скорости достигается при меньшем соотношении скорости приработки к скорости резания по сравнению с отношением подач. Так, оптимальное соотношение скоростей составило 0,63, в то время как оптимальное соотношение подач 0,85.



1 – при варьировании скорости резания; 2 – при варьировании подачи.
Рисунок 1 – Влияние режимов предварительной приработки на повышение стойкости червячной фрезы $m = 6$ мм из P6M5Ф ($S = 2,01$ мм/об)

Аналогичные результаты имеют место и при точении, которые представлены на рисунке 2.



1 – при варьировании скорости резания; 2 – при варьировании подачи.
Рисунок 2 – Влияние режимов предварительной приработки на стойкость резца из P18 при точении стали 40X

В отличие от зубофрезерования оптимальное соотношение скоростей при точении превысило оптимальное соотношение подач, в частности, относительная оптимальная скорость составила 0,775, а оптимальная подача – 0,7. Эффект повышения стойкости при приработке заниженной скорости почти в два раза превысил по сравнению с приработкой на заниженной подаче. Таким образом, можно считать, что приработка на оптимальной скорости резания эффективнее приработки на оптимальной подаче, и этот процесс варьировании скорости резания реализуется значительно проще. Оптимальный режим предварительной приработки инструмента обеспечивает наилучшие деформационно-тепловые условия упрочнения, который дополнительно можно повысить, если осуществлять

предварительную приработку на более твердом материале. Для уточнения этого обстоятельства специальными экспериментами было проведено исследование по выяснению влияния твердости обрабатываемого материала на износостойкость вторичной контактной структуры.

Результаты и обсуждение. Результаты данной серии опытов представлены на рисунке 3, где представлено влияние отношения твердости обрабатываемого материала к инструментальному на степень повышения стойкости инструментального материала после приработки по отношению к обычному инструменту.

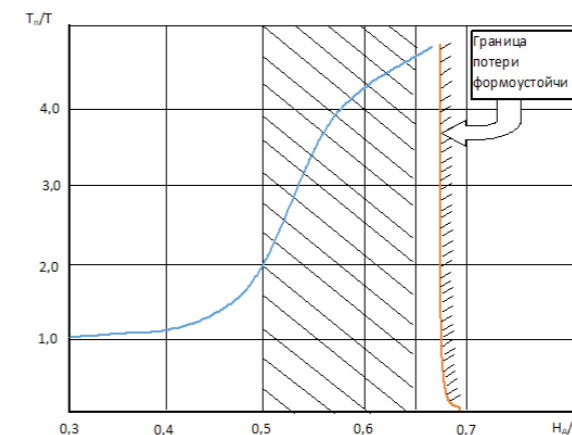


Рисунок 3 – Влияние отношения твердостей обрабатываемого (H_d) и инструментального (H_i) материалов на величину повышения стойкости предварительной приработки

Зависимость носит монотонно возрастающей характер, показывая, что с повышением твердости обрабатываемого материала эффект упрочнения рабочих поверхностей инструмента возрастает, при этом степень повышения стойкости может достигать значения на уровне 4,5... 4,6 раз. Характер указанной зависимости еще раз подтверждает, что в механизме формирования износостойкой вторичной контактной структуры важную роль играют деформационные процессы. Серьезным ограничивающим фактором, сдерживающим использование в качестве приработочных материалов более твердых металлов и сплавов, является потеря формоустойчивости режущего клина, когда вследствие высоких контактных нагрузок происходит пластическая его деформация с ухудшением режущих свойств, вызванных изменением геометрии режущей кромки.

Согласно существующим представлениям [9, 10] потеря формоустойчивости имеет место если отношение твердости инструментального материала к обрабатываемому перевесит 1,4... 1,6. Тогда границу потери формоустойчивости на рисунке 3 можно изобразить вертикалью, проведенной через ось абсцисс на уровне $\frac{H_d}{H_i} \approx 0,66$. Двукратное повышение стойкости имеет место начиная с

соотношения твердостей на уровне 0,5. Поэтому диапазон твердостей обрабатываемых материалов, обеспечивающих двукратное повышение стойкости, составит 0,5...0,65.

Выводы

Эффективность предварительной приработки режущего инструмента можно повысить, если использовать в качестве прирабочного материала стали с повышенной твердостью и их соотношением на уровне 0,5. Более высокие контактные нагрузки, возникающие в процессе резания, обеспечивают большее деформационное упрочнение и сокращают время приработки. При этом обеспечивается двукратное повышение стойкости инструмента.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Дегтярёв, Н. М., Пастухов, А. Г.** Характеристика электромеханической обработки при изготовлении и ремонте деталей машин // *Агроинженерия* – №1 (52). – 2012. – С. 74–77.
- 2 **Доценко, А. И., Буяновский, И. А.** *Триботехника* : Учебник. – 2-е издание, перераб. и доп. – М. : ИНФРА-М, 2020. – 399 с.
- 3 **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.
- 4 **Ханцевич, А. В.** Криогенные технологии повышения производительности процессов резания металлов : Монография. – Пенза : «Наука и Просвещение», 2020. – С. 98–108.
- 5 **Ходжибергенов, Д. Т., Шеров, К. Т., Касенов, А. Ж., Хожибергенова, У. Д.** Проблемы выбора технологии обработки нововведенных материалов в производство // *Наука и техника Казахстана*. – 2018. – № 2. – С. 111–117.
- 6 **Якубов, Ф. Я., Ким, В. А., Якубов, Ч. Ф.** Особенности проявления закономерностей физической мезомеханики при трении и износе // *Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета*. – 2009. – № 18. – С. 5–9.
- 7 **Ким, В. А., Якубов, Ф. Я., Симашев, Э. Г.** Способ повышения стойкости металлорежущего инструмента. А.С №1055991 от 22.07.1983.
- 8 **Жумаев, А. А., Равшанов, Ж. Р., Исаев, Д. Т.** Роль деформационно-термических процессов в структурной приспособляемости режущего инструмента. // *Материалы Научном журнале «Вестник магистратуры»*. Т. 6–5 (69). – Россия, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, 2017. – С. 43.
- 9 **Клепиков, В. В.** Определение жесткости упругой технологической системы токарных и фрезерных станков статическим и производственным методами. – М. : МГИУ, 2011. – 35 с.
- 10 **Юликов, М. И., Горбунов Б. И., Колесов, Н. Б.** Проектирование и производство режущего инструмента. – М. : Машиностроение, 2007. – 296 с.

REFERENCES

- 1 **Degtyarov, N. M., Pastukhov, A. G.** Kharakteristika elektromekhanicheskoy obrabotki pri izgotovlenii i remonte detaley mashin [Characteristics of electromechanical processing in the manufacture and repair of machine parts]. *Agroengineering* - № 1 (52). – 2012. – P. 74–77.
- 2 **Dotsenko, A. I., Buyanovskiy, I. A.** *Tribotekhnika* [Tribotechnology] : Textbook. – 2nd edition, revised. and add. – Moscow : INFRA-M, 2020. – 399 p.
- 3 **Shumeyko, I. A., Kasenov, A. Zh., Abishev, K. K.** Rol' mashinostroyeniya i osobennosti razvitiya otrasli v Kazakhstane [The role of mechanical engineering and the development of the industry in Kazakhstan]. *Science and technology of Kazakhstan*. – 2019. – No. 4. – P. 81–89.
- 4 **Hantsevich, A. V.** Kriogennyye tekhnologii povysheniya proizvoditel'nosti protsessov rezaniya metallov [Cryogenic technologies for increasing the productivity of metal cutting processes] : Monograph. – Penza : Science and Education, 2020. – P. 98–108.
- 5 **Khodzhibergenov, D. T., Sherov, K. T., Kasenov, A. Zh., Khozhibergenova, U. D.** Problemy vybora tekhnologii obrabotki novovnedrennykh materialov v proizvodstvo [Problems of choosing a technology for processing newly introduced materials into production]. *Science and Technology of Kazakhstan*. – 2018. – No 2. – P. 111–117.
- 6 **Yakubov, F. Ya., Kim, V. A., Yakubov, Ch. F.** Osobennosti proyavleniya zakonmernostey fizicheskoy mezomekhaniki pri trenii i iznose [Features of the manifestation of the regularities of physical mesomechanics during friction and wear] *Uchenye zapiski of the Crimean Engineering Pedagogical University*. – 2009. – No 18. – P. 5–9.
- 7 **Kim, V. A., Yakubov F. Ya., Simashev E. G.** Sposob povysheniya stoykosti metallorazhushchego instrumenta [A method for increasing the durability of a metal-cutting tool]. А.С No. 1055991, dated 07.22.1983.
- 8 **Zhumayev, A. A., Ravshanov, Zh. R., Isayev, D. T.** Rol' deformatsionno-termicheskikh protsessov v strukturnoy prisposablivayemosti rezhushchego instrumenta [The role of deformation-thermal processes in the structural adaptability of the cutting tool]. *Materials of the Scientific journal «Bulletin of magistracy»*. Т. 6–5 (69). Russia, Republic of Mari El, Yoshkar-Ola, 2017. – P. 43.
- 9 **Klepikov, V. V.** Opredeleniye zhestkosti uprugoy tekhnologicheskoy sistemy tokarnykh i frezernykh stankov staticheskimi i proizvodstvennymi metodami [Determination of the stiffness of the elastic technological system of turning and milling machines by static and production methods]. – Moscow : MGIU, 2011 – 35 p.
- 10 **Yulikov, M. I., Gorbunov, B. I., Kolesov, N. B.** Proyektirovaniye i proizvodstvo rezhushchego instrumenta [Design and manufacture of cutting tools]. – Moscow : Mashinostroenie, 2007. – 296 p.

Материал поступил в редакцию 17.12.21.

Б. Т. Мардонов¹, Ж. Р. Равшанов², *К. Т. Шеров³, Б. Қ. Смайлова⁴

^{1,2}Науайы мемлекеттік тау-кен институты, Өзбекістан, Науайы қ;

³С. Сейфуллин атындағы қазақ агротехникалық университеті,

Қазақстан Республикасы, Нұр-Сұлтан қ.;

⁴Қарағанды техникалық университеті,

Қазақстан Республикасы, Қарағанды қ.

Материал баспаға 17.12.21 түсті.

ӨНДЕЛЕТІН МАТЕРИАЛДЫҢ ҚАТТЫЛЫҒЫНЫҢ АЛДЫН-АЛА ӨНДЕУДІҢ ОҢТАЙЛЫ ЖЫЛДАМДЫҒЫНА ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ

Құралдың тұрақтылығы мен сенімділігін арттыру әдісі ретінде алдын-ала жұмыс қымбат құралға қатысты экономикалық тұрғыдан негізделген, оның жұмысы үлкен материалдық-техникалық шығындармен байланысты. Мұндай құралдарға пішінді, тіс кескіш, шлицті өңдейтін құралдар және басқалар жатады. Осы құралдар тобын пайдалану барысында жылдық өзіндік шығындар көбінесе білдектің қызмет көрсету қызметінен асып түседі. Кесу құралының тозу процесінің көп факторлы болуы бұл құбылыстың қатаң математикалық сипаттамасын қиындататын негізгі себеп болып табылады, сондықтан зерттеу әдістемесі қажетсіз факторды азайтуға және қызығушылықты арттыруға мүмкіндік берді.

Бұған сәйкестік критерийлерін тиісті санаумен бірдей тәжірибелер сериясын бірнеше рет қайталау арқылы немесе қалған факторлардың тұрақтылығын қатаң сақтай отырып, процестің бір немесе екі факторымен өзгертін зертханалық тәжірибелер жүргізу арқылы қол жеткізілді. Бұл мақалада өңделген материалдың қаттылығының алдын-ала өңдеудің оңтайлы жылдамдығына әсерін зерттеу нәтижелері келтірілген. Қаттылығы жоғарылаған болатты жұмыс материалы ретінде қолдану, кесу құралын алдын-ала өңдеудің тиімділігін арттыруға болатындығы анықталды. Зерттеу БВ-Атех-2018-374 «Өзбекстан Республикасы жағдайында тісті дөңгелектерді өндіру технологиясын жетілдіру» гранттық жобасы шеңберінде орындалды.

Кілтті сөздер: өңдеу, кесу құралы, сапасы, қаттылығы, деформациялық беріктендіру.

B. T. Mardonov¹, Zh. R. Ravshanov², *K. T. Sherov³, B. K. Smaylova⁴

^{1,2}Navoi State Mining Institute, Republic of Uzbekistan, Navoi;

³Saken Seifullin Kazakh AgroTechnical University,

Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan;

⁴Karaganda Technical University, Republic of Kazakhstan, Karaganda.

Material received on 17.12.21.

RESEARCH ON THE INFLUENCE OF THE PROCESSED MATERIAL HARDNESS ON THE OPTIMAL SPEED OF PREWORKING

Preliminary running-in as a method of increasing the durability and reliability of a tool is economically justified in relation to an expensive tool, the work of which is associated with large material and technical costs. These tools include shaped, gear cutting, slotting tools and others. The annual operating costs of this group of tools often exceed the costs associated with maintaining the machine itself. The multifactorial nature of the process of cutting tool wear is the main reason that complicates a rigorous mathematical description of this phenomenon; therefore, the research methodology provided for minimizing the undesirable factor and strengthening the one of interest. This was achieved by multiple repetitions of the same series of experiments with the appropriate calculation of the adequacy criteria, or by conducting laboratory experiments with varying one or two process factors, while strictly observing the constancy of the rest. This article presents the results of a study of the influence of the hardness of the processed material on the optimal speed of preliminary running-in. The study was carried out within the framework of the grant project BV-Ateh-2018-374 «Improvement of the technology for the production of gear wheels in the conditions of the Republic of Uzbekistan».

Keywords: running-in, cutting tools, qualities, hardness, strain hardening.

<https://doi.org/10.48081/AYNS4279>

А. В. Назарьев¹, П. Ю. Бочкарев², Г. С. Гумаров^{3*}

¹Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А., Российская Федерация, г. Саратов;

²Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова, Российская Федерация, г. Саратов;

³Западно-Казахстанский государственный университет имени М. Утемисова, Республика Казахстан, г. Уральск

МОДЕЛЬ ПОДСИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ МЕХАНООБРАБОТКИ

В данной статье на основе выработанных принципах планирования многономенклатурных технологических процессов представлена структура процесса создания технологических процессов, обеспечивающая генерацию всех возможных вариантов технологии изготовления деталей и выбор наиболее приемлемых вариантов технологических процессов для конкретных условий производства.

На основе анализа в области автоматизации проектирования технологических процессов и исследования возможностей современной система автоматизированного проектирования в условиях многономенклатурного производства выявлены недостатки существующих систем, главными из которых являются отсутствие связи между системами проектирования и реализации технологических процессов, отсутствие формализованного описания проектных процедур, связанных с решением сложных проектных задач по формированию комплектов технологической оснастки и формированию структур технологических операций.

Полученная укрупнённая информационная модель системы проектирования технологических операций в составе системы автоматизированного планирования многономенклатурных технологических процессов позволяет представить внутренние и внешние информационные взаимодействия и показывает, что на различных стадиях проектирования технологических процессов на уровне технологических операций имеется возможность выбора альтернативных вариантов проектных решений, обеспечивающих учет требований к сборке и текущую производственную ситуацию.

Предлагается структурно-информационная схема системы проектирования технологических операций в рамках системы автоматизированного планирования многономенклатурных технологических процессов, определяющая основные этапы синтеза технологических операций и обеспечивающая взаимодействие систем проектирования и реализации технологических процессов.

Ключевые слова: модель, синтез, механическая обработка, технологический процесс, технологическая подготовка производства, САПР.

Введение

На основе анализа литературы в области автоматизации проектирования ТП и исследования возможностей современной система автоматизированного проектирования (САПР) в условиях многономенклатурного производства [1–5] выявлены недостатки существующих систем, главными из которых являются отсутствие связи между системами проектирования и реализации технологический процесс (ТП), отсутствие формализованного описания проектных процедур, связанных с решением сложных проектных задач по формированию комплектов технологической оснастки и формированию структур технологических операций. Разработка методологии синтеза технологических процессов на уровне технологических операций в рамках система автоматизированного планирования многономенклатурных технологических процессов (САПлТП) с учётом указанных недостатков является серьёзной научной проблемой, связанной с решением многовариантных задач формализации проектных процедур по формированию содержания и состава операций.

Используя принципы системного подхода [6, 7], можно определить процесс проектирования технологических операций в многономенклатурном производстве как динамическую систему, состоящую из элементов – проектных процедур, взаимодействующих между собой и с элементами других систем, связанными с проектированием и реализацией ТП. Учитывая, что система проектирования технологических операций (СПТО) является частью САПлТП, необходимо установить информационные взаимодействия с другими элементами и подсистемами САПлТП.

Методы исследования

Методологические основы формализации проектных процедур проектирования технологических операций представлены в работах [8–16]. Первым этапом разработки технологической операции является формирование рациональных комплектов технологической оснастки. Отметим, что здесь и далее технологической оснасткой будем обозначать режущий и вспомогательный инструмент, поскольку варианты установочно-зажимных приспособлений уже сформированы в предыдущих проектных блоках, связанных с разработкой маршрутов обработки, и поступают на вход СПТО в составе кортежей технологических переходов. Таким образом, на данном этапе для каждого кортежа технологических переходов необходимо сгенерировать варианты режущего и вспомогательного инструмента, которые обеспечивают обработку всех включённых в кортеж элементарных поверхностей на соответствующей группе оборудования.

На следующем этапе для каждого кортежа технологических переходов необходимо сформировать варианты структур технологических операций. На данном этапе решаются задачи по определению схем обработки по количеству одновременно обрабатываемых заготовок, по количеству применяемых инструментов (одно- или многоинструментальная обработка), по определению порядка выполнения переходов (последовательная, параллельная) и др.

На заключительном этапе синтеза технологических операций необходимо произвести расчёт и оптимизацию режимов обработки, нормирование технологических операций, сформировать технологические карты, операционные эскизы, схемы наладок и другую технологическую документацию. Сформированный комплект технологической документации поступает в качестве управляющего алгоритма в подсистему реализации ТП.

Успешное выполнение проектных процедур невозможно без построения системы хранения и обработки информационных массивов, необходимых для каждой проектной процедуры. Решение этих вопросов связано с разработкой эффективного информационного обеспечения проектирования технологических операций в рамках САПлТП.

Результаты и обсуждения

Определение места СПТО в составе САПлТП, входных и выходных данных, внешних факторов, влияющих на процесс проектирования, позволили создать структурную модель, выявить её информационные взаимодействия с другими элементами САПлТП (рисунке 1) [17].

Исходные данные СПТО получает в виде кортежей технологических переходов, которые формируются на этапах разработки принципиальной схемы обработки и определения рационального объединения обработки элементарных поверхностей деталей в технологических операциях. Кортежи технологических переходов содержат информацию о характеристиках обрабатываемых поверхностей, возможных вариантах технологического оборудования и установочно-зажимных приспособлений. Необходимая информация для проектирования операций механической обработки может быть получена из базы данных обрабатываемых деталей, базы данных по технологическим возможностям оборудования, базы данных по возможностям технологической оснастки и нормативно-справочной информационной базы.

Процедуры формирования комплектов технологической оснастки и структур операций разделены на три стадии в соответствии с выработанными выше принципами планирования многономенклатурных ТП. На первой стадии генерируется множество возможных вариантов, на второй стадии производится отсев нерациональных вариантов, на третьей – выбор рациональных вариантов в соответствии с действующими производственными условиями. После каждого этапа предусматривается сохранение результатов его выполнения во временных таблицах с целью обеспечения быстрого доступа к вариантам решений в случае изменений производственной ситуации.

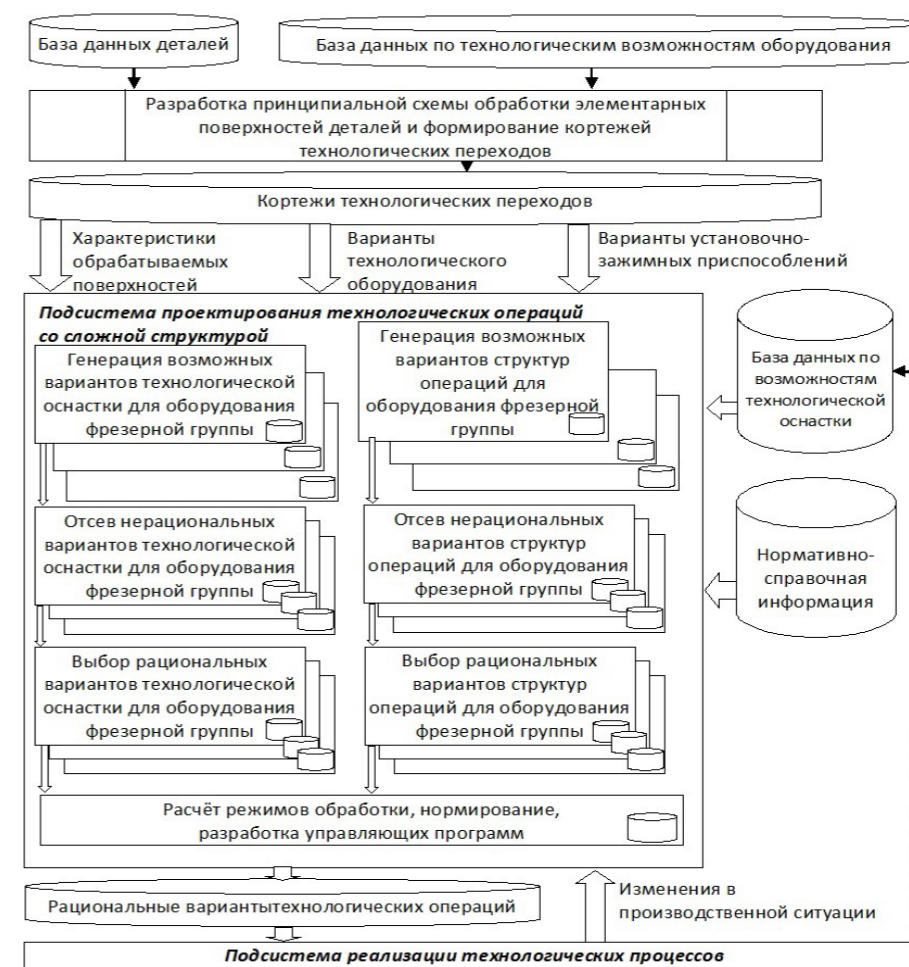


Рисунок 1 – Структурно-информационная модель подсистемы проектирования технологических операций в составе САПлТП

Выходными данными является множество рациональных вариантов технологических операций, на основе которого может быть сформирован комплект технологической документации.

В роли внешнего возмущающего воздействия выступает информация о текущем состоянии производственной системы, благодаря чему существует возможность оперативно реагировать на изменение производственной ситуации путём выбора альтернативных вариантов реализации технологических операций.

Полученная укрупнённая информационная модель СПТО в составе САПлТП позволяет представить внутренние и внешние информационные взаимодействия и показывает, что на различных стадиях проектирования ТП на уровне технологических операций имеется возможность выбора альтернативных вариантов проектных решений, обеспечивающих учет требований к сборке и текущую производственную ситуацию.

Недостаточное исследование вопросов, связанных с системным представлением проблемы технологического обеспечения производственных систем, явилось причиной имеющихся в настоящий момент сложностей в комплексном осуществлении работ в области автоматизации технологическая подготовка производства (ТПП). Без осуществления общесистемного концептуального подхода невозможно добиться создания системы планирования ТП, охватывающую всю совокупность работ по проектированию и реализации технологии.

Выводы

Обобщая материалы, остановимся на выработанных основных принципах планирования многономенклатурных ТП.

1 Проведен обзорный анализ подходов к организации технологической подготовки производств механообрабатывающих и механосборочных систем.

2 Представлена структура процесса создания ТП, обеспечивающая генерацию всех возможных вариантов технологии изготовления деталей и выбор наиболее приемлемых вариантов ТП для конкретных условий производства. Такая структура позволяет представить организацию как систему, объединяющую проектирование и реализацию ТП, строящую технологию с учетом влияния изменений производственной ситуации.

3 В качестве методологической базы в вопросах организации системы планирования ТП обосновано использование теории многоуровневых иерархических систем, как в наибольшей степени отвечающей задачам и условиям создания ТП.

4 Выполнена разработка системы на всех организационных уровнях с определением соотношений между ними.

5 Представлено доказательство правильности построения системы планирования ТП с позиции удовлетворения требованиям организационного управления.

6 Разработана структурно-информационная схема системы проектирования технологических операций в рамках САПлТП, определяющая основные этапы синтеза технологических операций и обеспечивающая взаимодействие систем проектирования и реализации технологических процессов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Капитанов, А. В., Попов, А. П., Схиртладзе, А. Г.** Автоматизированные машиностроительные производства [Текст] : Учебник. – Старый Оскол : ООО «Тонкие наукоемкие технологии», 2021. – 288 с. – ISBN 978-5-94178-720-3.

2 **Mikhalev, O. N., Yanyushkin, A. S.** CAD/CAM-system module for the design of automatic production [Текст] // Industry 4.0. – 2020. – Vol. 5. – № 2. – P. 59–62.

3 Система автоматизированного проектирования технологических процессов ВЕРТИКАЛЬ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: <https://ascon.ru/products/420/review/> (Дата обращения 29.01.2022).

4 Система ТехноПро – описание. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://www.tehno.pro/abouttehnopro/> (Дата обращения 29.01.2022).

5 T-FLEX Технология – программа для технологической подготовки производства и проектирования техпроцессов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://www.tfex.ru/products/tehnolog/tehnol/> (Дата обращения 29.01.2022).

6 **Назарьев, А. В., Бочкарев, П. Ю., Гумаров, Г. С.** Развитие требований к сборке звеньев высокоточных изделий [Текст] // Наука и техника Казахстана. – 2021. – № 3. – С. 18–26. – DOI 10.48081/DWZV1848.

7 **Кравченко, И. Н., Галиновский, А. Л., Карцев, С. В. и др.** Математическое моделирование технологических процессов формирования структуры плазменных покрытий и оценка их функциональных характеристик [Текст] // Технологии разработки и отладки сложных технических систем : VII Всероссийская научно-практическая конференция : сборник трудов, Москва, 01–02 апреля 2020 года. – М. : Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (Национальный исследовательский университет), 2020. – С. 243–250.

8 **Митин, С. Г., Бочкарёв, П. Ю.** Модели и методики автоматизации процедур разработки структур технологических операций, реализуемых на оборудовании токарной группы [Текст] // Известия вузов. Поволжский регион. Технические науки. – 2018. – № 2. – С. 119–130.

9 **Митин, С. Г., Бочкарёв, П. Ю.** Моделирование проектных процедур проектирования технологических операций фрезерной обработки [Текст] : монография / Саратовский гос. техн. ун-т. – Саратов : СГТУ, 2015. – 78 с.

10 **Митин, С. Г., Бочкарёв, П. Ю.** Принципы создания системы автоматизированного проектирования технологических операций в условиях многономенклатурного производства [Текст] // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. – 2015. – № 2-2. – С. 117–122.

11 **Митин, С. Г., Бочкарёв, П. Ю.** Проектирование операций со сложной структурой в многономенклатурных механообрабатывающих системах [Текст] // Монография. – Саратов : СГТУ, 2016. – 108 с.

12 **Назарьев, А. В., Бочкарев, П. Ю., Бокова, Л. Г.** Комплексный подход для выполнения технологической подготовки многономенклатурных механообрабатывающих производств на основе учета особенностей сборки высокоточных изделий [Текст] // Справочник. Инженерный журнал с приложением. – 2019. – № 3 (264). – С. 35–42.

13 **Митин, С. Г., Бочкарёв, П. Ю.** Разработка моделей и методик автоматизации проектных процедур для проектирования технологических операций со сложной структурой [Текст] // Автоматизация в промышленности. – 2018. – № 2. – С. 45–51.

14 **Разманова, Т. И., Митин, С. Г.** Разработка модели и основные этапы создания системы проектирования технологических процессов для оборудования сверлильной группы [Текст] // Главный механик. – 2015. – № 4. – С. 38–42.

15 **Mitin, S., Bochkarev, P.** Mathematical modelling in the computer-aided process planning [Текст] // IOP Conference Series : Materials Science and Engineering 124. – 2016. – 012077. – DOI: 10.1088/1757-899X/124/1/012077.

16 **Mitin, S. G., Bochkarev, P. Y., Azikov, N. S.** The Technique for Generating Structures of Manufacturing Operations for Equipment for a Drilling Group / [Текст] // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. – 2018. – 47: 181. – P. 181–186. – DOI: 10.3103/S1052618818020085.

17 **Митин, С. Г., Бочкарёв, П. Ю.** Проектирование операций со сложной структурой в многономенклатурных механообрабатывающих системах [Текст]: Монография. – Саратов: СГТУ, 2016. – 108 с.

REFERENCES

1 **Капитанов, А. В., Попов, А. П., Skhirtladze, A. G.** Avtomatizirovannyye mashinostroitel'nyye proizvodstva [Automated machine-building production] [Text]: Textbook. – Stary Oskol: Fine Science-Intensive Technologies LLC, 2021. – 288 p. – ISBN 978-5-94178-720-3.

2 **Mikhalev, O. N., Yanyushkin, A. S.** CAD/CAM-system module for the design of automatic production [CAD/CAM-system module for the design of automatic production] [Text]. Industry 4.0. – 2020. – Vol. 5. – No. 2. – P. 59–62.

3 Sistema avtomatizirovannogo proyektirovaniya tekhnologicheskikh protsessov VERTIKAL' [Computer-aided design of technological processes VERTICAL] [Text] [Electronic resource]. – URL: <https://ascon.ru/products/420/review/> (Date of access 29.01.2022).

4 Sistema TekhnoPro – opisaniye [TechnoPro system – description] [Text] [Electronic resource]. – URL: <http://www.tehno.pro/abouttexnopro/> (Date of access 29.01.2022).

5 T-FLEX Tekhnologiya – programma dlya tekhnologicheskoy podgotovki proizvodstva i proyektirovaniya tekhnoprotsessov [T-FLEX Technology is a program for technological preparation of production and design of technical processes] [Text] [Electronic resource]. – URL: <http://www.tflex.ru/products/tehnolog/tehno/> (Date of access 29.01.2022).

6 **Nazaryev, A. V., Bochkarev, P. Yu., Gumarov, G. S.** Razvitiye trebovaniy k sborke zven'yev vysokotochnykh izdeliy [Development of requirements for the assembly of links of high-precision products] [Text]. Science and technology of Kazakhstan. – 2021. – No. 3. – P. 18–26. – DOI 10.48081/DWZV1848.

7 **Kravchenko, I. N., Galinovskiy, A. L., Kartsev, S. V. et al.** Matematicheskoye modelirovaniye tekhnologicheskikh protsessov formirovaniya struktury plazmennyykh pokrytiy i otsenka ikh funktsional'nykh kharakteristik [Mathematical modeling of technological processes of formation of the structure of plasma coatings and evaluation of their functional characteristics] [Text]. Technologies for the development and debugging of complex technical systems: VII All-Russian scientific-practical conference: collection of works, Moscow, April 01–02, 2020. – Moscow: Moscow

State Technical University named after N. E. Bauman (National Research University), 2020. – P. 243–250.

8 **Mitin, S. G., Bochkarov, P. Yu.** Modeli i metodiki avtomatizatsii protsedur razrabotki struktur tekhnologicheskikh operatsiy, realizuyemykh na oborudovanii tokarnoy gruppy [Models and methods of automation of procedures for developing structures of technological operations implemented on the equipment of a turning group] [Text]. Izvestiya vuzov. Volga region. Technical science. – 2018. – No. 2. – P. 119–130.

9 **Mitin, S. G., Bochkarov, P. Yu.** Modelirovaniye proyektnykh protsedur proyektirovaniya tekhnologicheskikh operatsiy frezernoy obrabotki [Modeling of design procedures for designing technological operations of milling processing] [Text]: Monograph. Saratov state. tech. un-t. – Saratov: SGTU, 2015. – 78 p.

10 **Mitin, S. G., Bochkarov, P. Yu.** Printsipy sozdaniya sistemy avtomatizirovannogo proyektirovaniya tekhnologicheskikh operatsiy v usloviyakh mnogonomenklturnogo proizvodstva [Principles of creating a system for automated design of technological operations in a multi-product production] [Text]. Vector of Science of Togliatti State University. – 2015. – No. 2-2. – P. 117–122.

11 **Mitin, S. G., Bochkarov, P. Yu.** Proyektirovaniye operatsiy so slozhnoy strukturoy v mnogonomenklturnykh mekhanoobrabatyvayushchikh sistemakh [Designing operations with a complex structure in multi-product machining systems] [Text]: Monograph. – Saratov: SGTU, 2016. – 108 p.

12 **Nazaryev, A.V., Bochkarev, P. Yu., Bokova L. G.** Kompleksnyy podkhod dlya vypolneniya tekhnologicheskoy podgotovki mnogonomenklturnykh mekhanoobrabatyvayushchikh proizvodstv na osnove ucheta osobennostey sborki vysokotochnykh izdeliy [An integrated approach to perform technological preparation of multi-product machining industries based on taking into account the features of the assembly of high-precision products] [Text]. Handbook. Engineering magazine with application. 2019. – No. 3 (264). – P. 35–42.

13 **Mitin, S. G., Bochkarov, P. Yu.** Razrabotka modeley i metodik avtomatizatsii proyektnykh protsedur dlya proyektirovaniya tekhnologicheskikh operatsiy so slozhnoy strukturoy [Development of models and methods of automation of design procedures for the design of technological operations with a complex structure] [Text]. Automation in industry. – 2018. – No. 2. – P. 45–51.

14 **Razmanova, T. I., Mitin, S. G.** Razrabotka modeli i osnovnyye etapy sozdaniya sistemy proyektirovaniya tekhnologicheskikh protsessov dlya oborudovaniya sverlil'noy gruppy [Development of a model and the main stages of creating a system for designing technological processes for equipment of a drilling group] [Text]. Chief mechanic. – 2015. – No. 4. – P. 38–42.

15 **Mitin, S., Bochkarev P.** Mathematical modelling in the computer-aided process planning [Mathematical modeling in the computer-aided process planning] [Text]. IOP Conference Series : Materials Science and Engineering 124. – 2016. – 012077. – DOI: 10.1088/1757-899X/124/1/012077.

16 **Mitin, S. G., Bochkarev, P. Y., Azikov, N. S.** The Technique for Generating Structures of Manufacturing Operations for Equipment for a Drilling Group [The Technique for Generating Structures of Manufacturing Operations for Equipment for a Drilling Group] [Text]. Journal of Machinery Manufacture and Reliability. 2018.– 47: 181.– P. 181–186 – DOI: 10.3103/S1052618818020085

17 **Mitin, S. G., Bochkarov, P. Yu.** Proyektirovaniye operatsiy so slozhnoy strukturoy v mnogonomenklaturnykh mekhanoobrabatyvayushchikh sistemakh [Designing operations with a complex structure in multi-product machining systems] [Text]: Monograph. – Saratov : SGTU, 2016. – 108 p.

Материал поступил в редакцию 17.12.21.

А. В. Назарьев¹, П. Ю. Бочкарев², *Г. С. Гумаров³

¹Ю. А. Гагарин атындағы Саратов мемлекеттік техникалық университеті, Ресей Федерациясы, Саратов қ.;

²Н. И. Вавилов атындағы Саратов мемлекеттік аграрлық университеті, Ресей Федерациясы, Саратов қ.;

³М. Өтемісов атындағы Батыс Қазақстан мемлекеттік университеті, Қазақстан Республикасы, Орал қ. Материал баспаға 17.12.21 түсті.

МЕХАНИКАЛЫҚ ӨНДЕУДІҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ОПЕРАЦИЯЛАРЫН ЖОБАЛАУДЫҢ КІШІ ЖҮЙЕСІНІҢ МОДЕЛІ

Бұл мақалада көп өлшемді технологиялық процестерді жоспарлаудың дамыған қағида тартарына сүйене отырып, бөлшектерді өндіру технологиясының барлық мүмкін нұсқаларын құруды және өндірістің нақты жағдайлары үшін технологиялық процестердің ең қолайлы нұсқаларын таңдауды қамтамасыз ететін технологиялық процестерді құру процесінің құрылымы келтірілген.

Технологиялық процестерді жобалауды автоматтандыру саласындағы талдау және заманауи мүмкіндіктерді зерттеу негізінде автоматтандырылған жобалау жүйесі көпмүшелік өндіріс жағдайында қолданыстағы жүйелердің кемшіліктері анықталды, олардың негізгілері технологиялық процестерді жобалау және іске асыру жүйелері арасындағы байланыстың болмауы, технологиялық жабдықтар жиынтығын қалыптастыру және технологиялық жабдықтардың құрылымын қалыптастыру бойынша күрделі жобалық міндеттерді шешуге байланысты жобалау рәсімдерінің формальды сипаттамасының болмауы болып табылады операциялар.

Технологиялық процестерді автоматтандырылған жоспарлау жүйесінің құрамындағы технологиялық операцияларды жобалау жүйесінің алынған ірілендірілген ақпараттық моделі ішкі және сыртқы ақпараттық өзара әрекеттесуді ұсынуға мүмкіндік береді және технологиялық процестер деңгейінде технологиялық процестерді жобалаудың әртүрлі кезеңдерінде құрастыруға қойылатын талаптарды және ағымдағы өндірістік жағдайды

ескеруді қамтамасыз ететін жобалық шешімдердің балама нұсқаларын таңдау мүмкіндігі бар екенін көрсетеді.

Технологиялық операцияларды синтездеудің негізгі кезеңдерін анықтайтын және технологиялық процестерді жобалау мен іске асыру жүйелерінің өзара әрекеттесуін қамтамасыз ететін көп өлшемді технологиялық процестерді автоматтандырылған жоспарлау жүйесі аясында технологиялық операцияларды жобалау жүйесінің құрылымдық және ақпараттық схемасы ұсынылады.

Кілтті сөздер: модель, синтез, механикалық өңдеу, технологиялық процесс, өндірістік технологиялық дайындау, АЖЖ.

А. В. Назарьев¹, П. Ю. Бочкарев², *Г. С. Гумаров³

¹Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russian Federation, Saratov;

²Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov, Russian Federation, Saratov;

³West Kazakhstan state University named after M. Utemisov, Republic of Kazakhstan, Uralsk;

Material received on 17.12.21.

A MODEL OF THE SUBSYSTEM FOR DESIGNING TECHNOLOGICAL MACHINING OPERATIONS

In this article, based on the developed principles of planning multi-nomenclature technological processes, the structure of the process of creating technological processes is presented, which ensures the generation of all possible variants of the manufacturing technology of parts and the selection of the most acceptable variants of technological processes for specific production conditions.

Based on the analysis in the field of process design automation and the study of the capabilities of modern computer-aided design systems in the conditions of multi-nomenclature production, the shortcomings of existing systems are identified, the main of which are the lack of communication between the systems of design and implementation of technological processes, the lack of a formalized description of design procedures related to solving complex design tasks for the formation of sets of technological equipment and the formation of technological structures. operations.

The resulting enlarged information model of the technological operations design system as part of the system of automated planning of multi-nomenclature technological processes allows us to present internal and external information interactions and shows that at various stages of designing technological processes at the level of technological operations, there is an opportunity to choose alternative design solutions that take into account assembly requirements and the current production situation.

The structural and information scheme of the system of designing technological operations within the framework of the system of automated planning of multi-nomenclature technological processes is proposed, which determines the main stages of the synthesis of technological operations and ensures the interaction of systems of design and implementation of technological processes.

Keywords: model, synthesis, machining, technological process, technological preparation of production, CAD.

<https://doi.org/10.48081/JITJ8922>

***M. K. Ospantaev**

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

DEVELOPMENT OF THE DESIGN OF A PEAKLESS ROTARY CUTTING TOOL

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

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

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

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

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

Keywords: processing, surface, construction, cutter, peakless, quality.

Introduction

The strategy of industrial and innovative development of the Republic of Kazakhstan is aimed at creating a high-tech structure of the economy through an active state policy in the field of science and innovation. The strategy outlines the main directions in the development of science: in the energy, chemical, oil and gas, mining industries, mechanical engineering and metalworking – increasing the competitiveness of manufactured products [1]. One of the most important elements that ensure the quality of machine parts processing and labor productivity is the cutting tool. With its help, the workpiece is given the desired shape and size by cutting off relatively thin layers of material. The performance of the cutting tool has a significant impact on the economic efficiency of the production process [2, 3].

In modern mechanical engineering, a large range of metal-cutting tools of various purposes and designs is used for processing external, internal and flat surfaces. At the same time, the processing of external cylindrical surfaces with cutters with the presence of a tip on the cutting plate is associated with a number of difficulties due to abrasive

mechanical effects on the material being processed, resulting in reduced tool life. These circumstances necessitate a reduction in cutting conditions, as well as the introduction of additional operations into the technological process.

The processing of external surfaces with turning tools is the most common in the total mass of tools, and occupies a special place in the technological process of manufacturing machine parts. The issues of increasing productivity, accuracy and reliability of the machining process have always been and remain relevant and effective for metalworking [4–7].

Methods and materials

Theoretical research was carried out using the basic provisions of mechanical engineering technology, cutting theory, tool design and mechanics.

Cutters are the most common type of metal cutting tool. They are used on turning, boring, carousel, revolving, planing machines, semi-automatic machines.

Depending on the type of machine and the work performed, various cutters are used, which are classified according to the following criteria:

- by type of processing (through, thrust, cutting, boring, cutting, shaped)
- by the nature of processing (roughing, finishing);
- by installation relative to the part (radial, angular, tangential);
- in the direction of feed (right, left)
- according to the design of the head (straight, bent, curved, drawn);
- according to the section of the body (rectangular, square, round);
- by design (solid, composite, prefabricated);
- according to the material of the working part (from tool steel, hard alloy, from ceramic materials, diamond, from superhard synthetic materials) [8].

The main geometric characteristics of the cutter are the main and auxiliary angles, the angles in the plan and the angle of inclination of the main cutting edge.

The main cutter angles (front γ , main back α , cutting δ , sharpening β) are measured in the main cutting plane perpendicular to the projection of the main cutting edge onto the main plane.

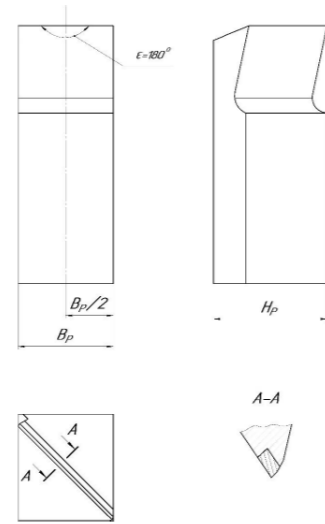
The disadvantage of turning cutters is that the tip of the cutter is the weakest point on the cutting part and is more exposed to mechanical, abrasive effects of the material being processed and temperature effects, i.e. it works in the most unfavorable cutting conditions, as a result of which the cutter resistance is reduced.

Results and discussions

An analysis of the methods and methods for processing external cylindrical surfaces, the parameters of the cut layer during cutting, the geometry and designs of turning through cutters led to the development of a new metal cutting tool – a peakless turning through cut for finishing [9]. The new design improves cutting conditions and minimizes the impact of adverse factors that accompany the cutting process [10–13].

The cutter has one rear surface and one rear corner (Figure 1). To create more favorable cutting conditions, the working part is made without a vertex and therefore the cutter is called vertexless (the main and auxiliary cutting edges of a traditional turning cutter are deployed in one line by reducing the main and auxiliary angles in the plan

to zero, therefore they are located on the same straight line and form a single cutting edge with a lead angle at the top of 180° ; the conditional location of the excluded vertex is at the point of intersection of the cutting edge with the longitudinal plane of symmetry of the holder.



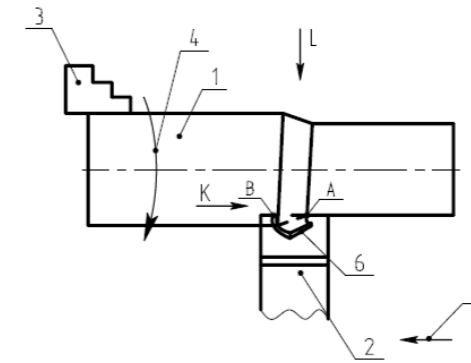
B_p – cutter width; $B_p/2$ – distance to the longitudinal plane of symmetry of the cutter holder; H_p – cutter height; ε – cutting edge with a 180° apex angle, A – A – section normal to the cutting edge for identifying the geometrical parameters of the cutter.

Picture 1 – Peakless turning cutter

The only cutting edge is located perpendicular to the longitudinal axis of the cutter and during operation is in the working plane, perpendicular to the main plane and tangent to the machined surface. The theoretical point of contact of the cutter and the machined surface at the moment of contact at zero depth of cut is on the generatrix in the section of the horizontal plane passing through the axis of the workpiece. At the theoretical point of contact (which is located in the middle of the line of contact between the cutter and the cut layer), the cutting edge actually divides into a main and a secondary cutting edge in kinematics, due to the curvature of the machined surface in cross section.

Thus, in the kinematics, equal in magnitude main and auxiliary angles appear in the plan. Therefore, the cutter has variables (converging to zero at the theoretical central point of contact with the machined surface, which creates the effect of the presence of a smoothing edge on the real contact line) the main and auxiliary kinematic angles in the plan, the angle of inclination of the cutting edge, one clearance angle. The division of the cutting edge into the main and auxiliary (due to the appearance of real main and auxiliary kinematic angles in the plan outside the real line of contact with the machined surface) is conditional, since the position of the mentioned theoretical contact point depends on the unregulated position of the cutter in height in the tool holder for use the entire length of the cutting edge and the full resource of the cutter; the back angle on the cutter remains unchanged. A safety undercut is made on the upper and lower parts of the cutting edge.

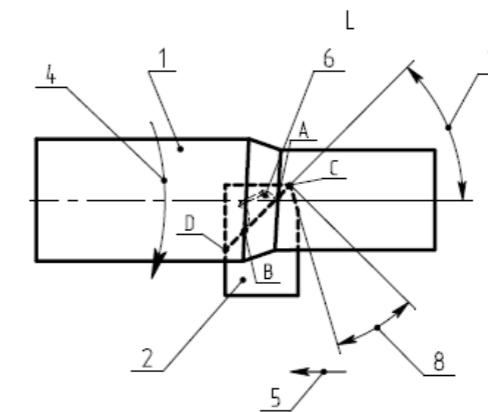
Figure 2 shows a diagram of the operation of a vertexless turning cutter when turning a part such as a body of revolution installed in a lathe chuck.



1 - the workpiece, 2 - the peakless turning tool, 3 - the machine chuck, 4 - the rotational movement of the chuck with the workpiece, 5 - the longitudinal movement of the cutter, 6 - chips, A and B – points limiting the contact of the workpiece and the cutter, K and L - views in the horizontal plane

Figure 2 – Diagram of the operation of a peakless lathe through-hole cutter

Figures 3 and 4 show the views along the arrow L and K in the horizontal plane.



7 – the angle of inclination of the main cutting edge ($\lambda = 10 - 90^\circ$); 8 – the angle of the upper safety edge; A and B – the points limiting the contact of the workpiece and the cutter; 9 – the safety edge; the lower safety edge is conditionally not shown; C – D – projection of the cutting edge; points C and D are respectively the upper and lower limits of the cutting edge

Figure 3 – Processing scheme (front view)

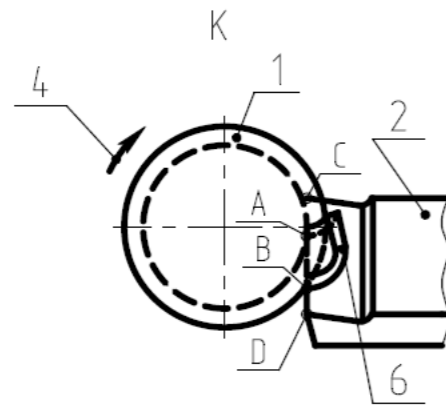


Figure 4 – Processing scheme (right view)

When working, the cutter is installed in the tool holder in height with the help of special adjustment plates for installing and including new sections of the cutting edge in operation. Based on the distinctive features described above, the claimed cutter (in kinematics) has five geometric parameters (angles) instead of six for a traditional through-pass turning cutter (in statics) due to the exclusion of the auxiliary rear angle: front angle, rear angle, angle of inclination of the cutting edge; main and auxiliary kinematic angles in plan (not measured, but calculated); main and auxiliary angles in plan in statics are zero. In statics, the cutter has only three geometric parameters: the front angle, the rear angle, the angle of inclination of the cutting edge. The scheme and method of processing with this cutter do not differ from traditional ones.

Conclusions

Thus, a pass-through peakless cutter has one cutting edge, is simpler due to the absence of an auxiliary back surface and top, has less complexity of manufacturing and sharpening, and therefore requires less operating costs. Its design provides upper and lower safety edges, although they may rarely be needed. The cutter can be made of high-speed steel or equipped with plates made of hard alloy and other tool materials.

REFERENCES

- 1 Государственная программа индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2020–2025 годы. Постановление Правительства Республики Казахстан от 31 декабря 2019 года № 1050.
- 2 **Карпов, А. В.** К вопросу повышения энергетической эффективности технологических процессов обработки резанием // Современные наукоемкие технологии. – 2019. – № 3-1. – С. 43–47.
- 3 **Барботько, А. И.** Геометрия резания материалов : Учебное пособие. – 2-е издание, стереотипное. – Старый Оскол : ООО «Тонкие наукоемкие технологии», 2019. – 320 с. – ISBN 978-5-94178-286-4.
- 4 **Дудак, Н. С., Итыбаева Г. Т., Мусина Ж. К. и др.** Новые режущие инструменты для работы на токарных, расточных, сверлильных и протяжных

станках для повышения качества обработки деталей // Наука и техника Казахстана. – 2006. – № 2. – С. 5–9.

5 **Касенов, А. Ж.** Формирование шероховатости поверхности отверстия обработанного развёрткой-протяжкой // Наука и техника Казахстана. – 2011. – № 3–4. – С. 46–49.

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

7 **Дудак, Н. С., Итыбаева, Г.Т., Мусина, Ж. К., Касенов, А. Ж.** Металлорежущие инструменты : Учебно-методические указания – Павлодар : Керек, 2017. 210 с.

8 **Турчанов, В. Г.** Токарные резцы и токарные инструментальные системы, их классификация, конструкция и применение : учебное пособие / Минобрнауки России, ФГБОУ ВПО «Рыбинский гос. авиационный технический ун-т им. П. А. Соловьева». – Рыбинск : РГАТУ им. П. А. Соловьева, 2012. – 184 с. – ISBN 978-5-88435-432-6.

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

10 **Сорокин, Н. В.** Исследование процесса безвершинного точения // Современные наукоемкие технологии. – 2013. – № 8–1. – С. 103.

11 **Филиппов, А. В.** Определение параметров сечения срезаемого слоя при косоугольном точении безвершинным резцом // СТИН. – 2014. – № 4. – С. 21–25.

12 **Ситников, М. Ю.** Применение безвершинных инструментов в процессе токарной обработки // Общество. Наука. Инновации. Всероссийская ежегодная научно-практическая конференция, Киров, 01–29 апреля 2017 года. / Вятский государственный университет. – Киров: Вятский государственный университет, 2017. – С. 2137-2143.

13 **Попов, А. А., Солоха, А. И., Чазов, П. А.** Особенности деформации стружки в процессе точения безвершинными резцами // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 4. – С. 172.

REFERENCES

- 1 Gosudarstvennaya programma industrial'no-innovatsionnogo razvitiya Respubliki Kazakhstan na 2020–2025 gody [State program of industrial and innovative development of the Republic of Kazakhstan for 2020–2025]. Decree of the Government of the Republic of Kazakhstan dated December 31, 2019 No. 1050.
- 2 **Карпов, А. В.** К вопросу povysheniya energeticheskoy effektivnosti tekhnologicheskikh protsessov obrabotki rezaniyem [On the issue of improving the energy efficiency of technological processes of cutting]. Modern high technologies. – 2019. – No. 3-1. – P. 43–47.

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

4 **Dudak, N. S., Itybayeva G. T., Musina Zh. K. et al** Novyye rezhushchiye instrumenty dlya raboty na tokarnykh, rastochnykh, sverlil'nykh i protyazhnykh stankakh dlya povysheniya kachestva obrabotki detaley [New cutting tools for work on turning, boring, drilling and broaching machines to improve the quality of processing parts]. Science and Technology of Kazakhstan. – 2006. – No. 2. – P. 5–9.

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

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

7 **Dudak, N. S., Itybayeva, G. T., Musina, Zh. K., Kasenov, A. Zh.** Metallorezhushchiye instrumenty [Metal-cutting tools] : educational and methodological instructions – Pavlodar: Kereku, 2017. – 210 p.

8 **Turchanov V. G.** Tokarnyye reztsy i tokarnyye instrumental'nyye sistemy, ikh klassifikatsiya, konstruktsiya i primeneniye : Uchebnoye posobiye [Turning cutters and turning tool systems, their classification, design and application] / Ministry of Education and Science of Russia, FGBOU VPO «Rybinsk State Aviation Technical University named after P. A. Solovyov». – Rybinsk : RGATU im. P. A. Solovieva, 2012. – 184 p. – ISBN 978-5-88435-432-6.

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

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

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

12 **Sitnikov, M. Yu.** Primeneniye bezvershinnykh instrumentov v protsesse tokarnoy obrabotki [The use of peakless tools in the process of turning]. Society. The science. innovation. All-Russian annual scientific and practical conference, Kirov, April 01–29, 2017. – Kirov : Vyatka State University, 2017. – P. 2137–2143.

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

Material received on 17.12.21.

***М. К. Оспантаев**

«KSP Steel» ЖШС ҚФ,

Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

Материал баспаға 17.12.21 түсті.

ТӨБЕСІЗ ЖОНУ ӨТПЕЛІ КЕСКІШТІҢ КОНСТРУКЦИЯСЫН ӘЗІРЛЕУ

Сыртқы беттерді бұрау арқылы өңдеу құралдардың жалпы санында ең көп таралған және машина бөлшектерін өндірудің технологиялық үрдісінде ерекше орын алады. Өңдеу процесінің өнімділігі, дәлдігі мен сенімділігі мәселелері әрдайым металл өңдеу үшін өзекті және тиімді болып қала береді.

Зерттеудің мақсаты – сыртқы цилиндрлік беттерді өңдеудің жаңа әдісін және төбесіз жону өтпелі кескішінің конструкциясынын жасау арқылы өңдеу сапасын арттыру.

Жұмыстың идеясы – түпкілікті өңдеуге арналған жону кескіштің жаңа конструкциясынын және өңдеудің жаңа әдісін жасау.

Сыртқы цилиндрлік беттерді өңдеу әдістері мен әдістерін, кесу кезінде кесілген қабаттың параметрлерін, геометрия мен жону кескіш конструкцияларын талдау жаңа металл кескіш құралдың – төбесіз жону өтпелі кескішінің дамуына әкелді. Жаңа конструкцияда кесу жағдайлары жақсарып, кесу үрдісін сүйемелдейтін қолайсыз факторлардың әсерін азайтады.

Осылайша, айналмалы біліксіз кескіш бір кесу жиегіне ие, көмегі артқы беті мен үстіңгі жағының болмауына байланысты қарапайым, өндіріс пен қайраудың аз еңбек сыйымдылығына ие, сондықтан пайдалану шығындарын аз талап етеді.

Кілтті сөздер: өңдеу, беті, құрылымы, кескіш, төбесіз, сапасы.

***М. К. Оспантаев**

ПФ ТОО «KSP Steel»,

Республика Казахстан, г. Павлодар.

Материал поступил в редакцию 17.12.21.

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ БЕЗВЕРШИННОГО ТОКАРНОГО ПРОХОДНОГО РЕЗЦА

Обработка наружных поверхностей токарными резцами является наиболее распространенным в общей массе инструментов, и занимает особое место в технологическом процессе изготовления деталей машин. Вопросы повышения производительности, точности и надёжности процесса обработки всегда были и остаются актуальными и эффективными для металлообработки.

Целью исследования является повышение качества обработки наружных цилиндрических поверхностей с разработкой нового способа обработки и конструкции безвершинного токарного проходного резца.

Идея работы заключается в разработке новой конструкции токарного резца для чистовой обработки и нового способа обработки.

Анализ методов и способов обработки наружных цилиндрических поверхностей, параметров срезаемого слоя при резании, геометрии и конструкций токарных проходных резцов, привёл к разработке нового металлорежущего инструмента – безвершинного токарного проходного резца для чистовой обработки. В новой конструкции улучшены условия резания и сведены к минимуму воздействия неблагоприятных факторов, сопровождающих процесс резания.

Таким образом, проходной безвершинный резец имеет одну режущую кромку, является более простым из-за отсутствия вспомогательной задней поверхности и вершины, имеет меньшую трудоёмкость изготовления и заточки и потому требует меньше затрат на эксплуатацию.

Ключевые слова: обработка, поверхность, конструкция, резец, безвершинный, качество.

МРНТИ 55.39.31

<https://doi.org/10.48081/OHDB4182>

***А. Б. Шаймардан¹, А. Х. Мустафин², Г. Ж. Сейтенова³,
Д. Н. Қабылқайыр⁴**

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

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ С ДВОЙНЫМИ ТОРЦЕВЫМИ УПЛОТНЕНИЯМИ

В данной статье приведена методика проектирования системы охлаждения центробежных насосов с двойными торцевыми уплотнениями, с целью разработать систему охлаждения торцевых уплотнений горизонтального многоступенчатого насоса для перекачки сжиженных газов. Задачами исследования являлось: проведение гидравлического и теплотехнического расчета системы охлаждения торцевых уплотнений насоса; разработка рекомендации по подбору основных узлов и их обвязки в системе охлаждения.

В результате анализа причин возникновения неисправности одного из торцевых уплотнений установлено, что насос был подключен к цеховой системе охлаждения с выполнением требований по обеспечению подачи и давления в рекомендуемом изготовителем (согласно требованиям чертежа) диапазоне. Подключенная система охлаждения обеспечивала подачу охлаждающей жидкости (раствор этиленгликоля) с подачей 8 л/мин. и давлением 0,4 МПа (4 атм.). Однако, проработав не более 10 мин. его пришлось остановить по причине утечки перегоняемого сжиженного газа через одно из торцевых уплотнений. После снятия поврежденного уплотнения установлено, что оно представляет собой сдвоенное торцевое, выполненное по схеме «спина к спине», т.е. двух одинарных, расположенных противоположно друг к другу.

Такая схема установки требует других технических требований по величине давления охлаждающей жидкости, выполняющей одновременно функцию затворной, т.е., запирающей камеру уплотнения. Для такого типа уплотнений давление должно быть выше давления насоса на 0,1–0,15 МПа, т.е. для рассматриваемого насоса 4 МПа + (0,1–0,15) МПа. Таким образом, создаваемое системой охлаждения давление 0,4 МПа оказалось не достаточным, и в течении короткого периода работы насоса привело к выходу из строя уплотнения.

Ключевые слова: система охлаждения, насосы, центробежные насосы, двойные торцевые уплотнения, плунжерные агрегаты, затворная (охлаждающая) жидкость.

Введение

Актуальность темы. Торцевые уплотнения центробежных насосов вследствие напряженного режима работы при повышенной температуре рабочей жидкости и высоких давлений, являются наиболее ненадежными деталями, поскольку из-за их интенсивного износа происходит утечка нагреваемой жидкости и загрязнение окружающей среды.

Предполагаемая научная новизна. В отличие от существующих систем охлаждения торцевых уплотнений, предлагаемое устройство имеет автономную схему, приводимую плунжерным дозирующим насосом.

Практическая значимость. Для повышения долговечности двойных торцевых уплотнений разработана автономная система охлаждения с

принудительной циркуляцией жидкости, которая может применяться в центробежных насосах.

Цель исследования. Разработка системы охлаждения торцевых уплотнений горизонтального многоступенчатого насоса для перекачки сжиженных газов.

Задачи исследования. Проведение гидравлического и теплотехнического расчета системы охлаждения торцевых уплотнений насоса; разработка рекомендации по подбору основных узлов и их обвязки в системе охлаждения.

Материалы и методы

Для решения задач по проектированию системы охлаждения необходимо учитывать допустимость параметров рабочих сред, которые целесообразно рассматривать с учетом следующих факторов:

- тип уплотнения;
- давление и температура среды в камере уплотнения насоса;
- параметры охлаждающей жидкости и окружающей среды.

Для торцевых уплотнений характерно использование автономной системы, включающей бачок с охлаждающей жидкостью, выполненной по замкнутой схеме с принудительной циркуляцией или без нее, с внешним охладителем или без него.

Причины повышенной вибрации насосных агрегатов существенно зависят от уровня создаваемых при их работе. По данным авторитетных источников [1], исследовавших 32 площадки насосных станции магистральных нефтепроводов, около 38–45 % от всех отказов происходит по причине повышенных вибрации.

Разработка систем охлаждения торцевых уплотнений центробежных насосов, которая позволяет исследовать и рассматривать многоступенчатый секционный насос производства китайской компании ЛТД. Данный насос предназначен для перекачки сжиженных углеводородов. Передача крутящего момента от электрического двигателя РН=75 кВт, nH=2950 об/мин к насосу осуществляется через упругую втулочно-пальцевую муфту. При эксплуатации горячих насосов, а также перекачивающих сжиженные газы могут возникнуть неисправности. Существует несколько источников передачи тепла среде: тепло, выделяемое при трении и напряжении, возникающем при сдвиге жидкости; тепло, выделяемое из-за возникновения сопротивления воздуха (турбулентности), вызванного вращением

частей уплотнения, и тепло, передаваемое от насоса к камере уплотнения и валу (при положительном теплопоглощении) [2].

При проектировании системы необходимо учитывать все факторы, влияющие на условия эксплуатации торцевых уплотнений. Лучшими теплофизическими свойствами, как охлаждающая жидкость, обладает вода, однако, могут использоваться антифризы различной концентрации. Температура охлаждающей жидкости на выходе из уплотнения с целью исключения кипения и коксования её на горячих поверхностях, например, сильфонов, не должна превышать 100 °С и рекомендуется к поддержанию при эксплуатации около 65...85 °С. Следует учитывать, что в расчете на прочность бачка как правило закладывается температура не более 100 °С, когда не требуется учитывать уменьшение прочностных свойств материала с ростом температуры. Температура охлаждающей жидкости на выходе из бачка, аналогично температуре охлаждающей жидкости на выходе из кольцевого холодильника, не должна превышать 40 °С во избежание интенсивного выпадения солей жесткости и биологического обрастания их. При использовании торцевых уплотнений типа тандем в бачке устанавливается избыточное давление от 0,05 до 0,15 МПа, обеспечивающее обнаружение утечки через атмосферную ступень [3]. Устанавливать большее давление не следует, так как при снятии давления с насоса или образованием вакуума его контурная ступень уплотнения может открыться в связи с изменением направления действия усилия на подвижную обойму. В случаях уплотнения среды с температурой до 50 °С возможно использование бачка без установки в нем змеевика и подачи в него охлаждающей жидкости. В этом случае рассеивание тепла от затворной жидкости происходит в окружающую среду через поверхности бачка, корпуса торцевого уплотнения и частично корпуса насоса. При значительных низких температурах, приводящих к загустению затворной жидкости, перед пуском насоса в работу необходимо прогреть систему обеспечения работоспособности торцевого уплотнения. Уплотнение прогревается совместно с насосом. Рекомендуемая скорость разогрева не более 100 °С/час [4].

Существует множество типов уплотнений и схем установки. Наиболее распространены три схемы:

- одинарное торцевое уплотнение;
- двойное торцевое уплотнение вала типа «Тандем» или «друг за другом»;
- двойное торцевое уплотнение вала типа «спина к спине».

Двойное торцевое уплотнение, состоящее из двух одинарных торцевых уплотнений.

Двойные торцевые уплотнения вала «Тандем» с гидравлическим затвором применяют в насосах при перекачивании:

- жидкостей с высокой температурой (выше 110 °С);
- для растворов соли и щелочей;
- для взрывоопасных, легковоспламеняющихся, ядовитых, едких, канцерогенных жидкостей;
- сред, не допускающих контакта с атмосферой.

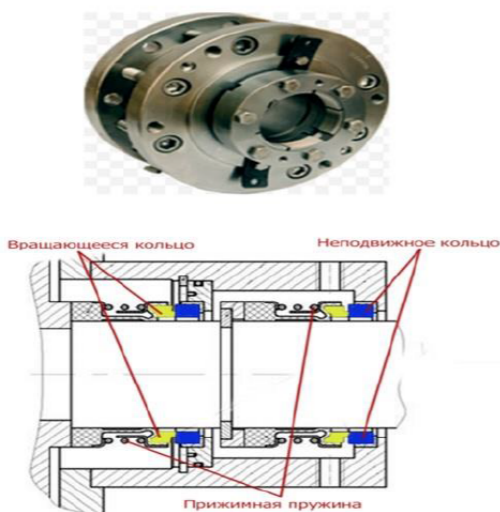


Рисунок 1 – Конструкция двойного торцевого уплотнения вала типа «Тандем»

Схема расположения «Тандем» широко используется при применении двух одинарных торцевых уплотнений, которые размещены на валу оборудования друг за другом и работают в этой же последовательности. Такая схема обычно применяется при высоком давлении рабочей среды, образующих двойное торцевое уплотнение [5]. Основное (внутреннее) торцевое уплотнение является гидравлически разгруженным и разделяет рабочую уплотняемую среду и затворную жидкость, а вспомогательное (внешнее) торцевое уплотнение является гидравлически нагруженным и разделяет затворную жидкость и атмосферу. Вспомогательное одинарное торцевое уплотнение с конической пружиной сжатия, расположенное в камере с затворной (охлаждающей) жидкостью, разделяющая атмосферу, обеспечивает снижение перепада давления между отдельными ступенями уплотнений – для основного торцевого уплотнения, а также возможность контроля работы основного торцевого уплотнения. Обычно затворная жидкость находится под давлением атмосферы, реже это жидкость имеет давление выше атмосферного, но ниже давления рабочей (уплотняемой) среды. Для работы возможно изготовление автономного бачка с жидкостью для охлаждения узла уплотнения. Уплотнения этого типа могут работать до температуры +140 °С [6].

Схема расположения «спина к спине» является наиболее распространенной и простой по конструкции, и используется, когда необходимо применение двойного торцевого уплотнения (двух одинарных торцевых уплотнений). Оба торцевых уплотнения находятся в камере с затворной жидкостью. Основное торцевое уплотнение разделяет рабочую среду и затворную жидкость, а вспомогательное торцевое уплотнение разделяет затворную жидкость и атмосферу. Давление затворной жидкости всегда должно превышать давление рабочей среды на 0,1...0,2 МПа, но не менее 0,05 МПа. Давление затворной жидкости при большом давлении

перекачиваемой жидкости обеспечиваются специальными гидравлическими усилителями или плунжерными насосами. Температура и расход затворной жидкости через уплотнительную камеру должны обеспечивать необходимый тепловой отвод от колец пар трения обоих уплотнений для надежной работы уплотнительного узла [7].

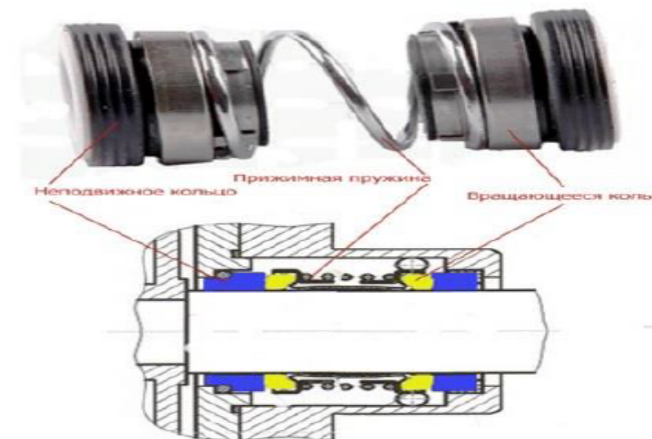
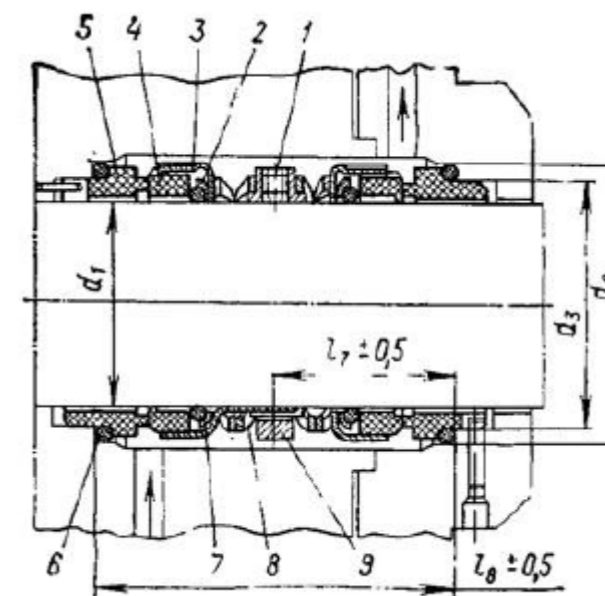


Рисунок 2 – Конструкция двойного торцевого уплотнения вала типа «спина к спине»



1 – винт стопорный; 2 – вкладыш; 3 – обойма; 4 – кольцо вращающаяся;
5 – кольцо неподвижное; 6,7 – уплотнительные кольца;
8 – пружина волнистая; 9 – втулка упорная.

Рисунок 3 – Схема торцевого уплотнения 231/231

Результаты и обсуждение

Согласно техническим требованиям завода – изготовителя подача охлаждающей жидкости для торцевых уплотнений горизонтального многоступенчатого насоса должна составлять 4–10 л/мин или 0,24–0,6 м³/час. После возникновения неисправности в виде образования течи в одном из сдвоенных торцевых уплотнений установлено, что вместо предполагаемых по техническим требованиям давлению затворной жидкости, выполняющей одновременно функцию охлаждающей, 0,2–0,6 МПа необходимо для уплотнения типа «спина к спине» применить давление на 0,1–0,2 МПа, превышающее давление перекачиваемой среды, т.е. 4 МПа или 40 атм. Как показано в главе 3 для этих целей обычно используется специальный бачок

СБТУ, в который закачивается газ, большей частью, азот с необходимым давлением. Циркуляция жидкости осуществляется импеллером, встроенным в основной насос. Поскольку в многоступенчатом насосе нет импеллера, то использование охлаждения системы с применением СБТУ, т.е. закачкой газа в бачок становится затруднительным [8]. Предлагается разработать и применить замкнутую автономную систему с принудительным охлаждением от вспомогательного насоса. Использование для этих целей центробежного или поршневого насоса, или группы насосов для обеспечения требуемого давления не менее 40 + (1–2) атм. нецелесообразно из-за значительных затрат и габаритных размеров этих насосов. Для обеспечения необходимых рабочих параметров по давлению и подаче, а также циркуляции жидкости в системе рекомендуется устанавливать компактные, не дорогие и простые в обслуживании плунжерные насосы. При выборе следует обратить внимание на возможность регулировать давление и подачу, количество плунжеров желательно иметь не менее 2-х, на возможность эксплуатации во взрывоопасных и пожароопасных помещениях [9].



Рисунок 4 – Плунжерные дозировочные агрегаты

Потери напора в нагнетательной линии незначительны 0,160.10-3 МПа, т.е. напор, создаваемый насосом, сохраняется на всем участке нагнетания практически без изменений [10]. Выбор производится из номенклатуры плунжерных насосов малой производительности и среднего давления с небольшим расходом

электроэнергии, что достаточно дешевле и удобнее, чем применение других насосов.

Выводы

В результате анализа причин возникновения неисправности одного из торцевых уплотнений установлено, что насос был подключен к цеховой системе охлаждения с выполнением требований по обеспечению подачи и давления в рекомендуемом изготовителем (согласно требованиям чертежа) диапазоне. Подключенная система охлаждения обеспечивала подачу охлаждающей жидкости (раствор этиленгликоля) с подачей 8 л/мин. и давлением 0,4 Мпа (4атм.). Однако, проработав не более 10 мин. его пришлось остановить по причине утечки перегоняемого сжиженного газа через одно из торцевых уплотнений. После снятия поврежденного уплотнения установлено, что оно представляет собой сдвоенное торцевое, выполненное по схеме «спина к спине», т.е. двух одинарных, расположенных противоположно друг к другу. Такая схема установки требует других технических требования по величине давления охлаждающей жидкости, выполняющей одновременно функцию затворной, т.е., запирающей камеру уплотнения. Для такого типа уплотнений давление должна быть выше давления насоса на 0,1–0,15 МПа, т.е. для рассматриваемого насоса 4 МПа + (0,1–0,15) МПа. Таким образом, создаваемое системой охлаждения давление 0,4 МПа оказалось не достаточным, и в течении короткого периода работы насоса привело к выходу из строя уплотнения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Сейтенова, Г. Ж. Основы нефтепереработки: Учебное пособие. – Павлодар : Кереку, 2014. – С. 23–27.
- 2 Мустафин, А. Х., Қайролла Б. К., Абдирахман А. Ш. Разработка системы охладений торцевых уплотнений центробежных насосов.– 2021. – С. 114–121.
- 3 Кораблева, О. Н., Смирнов Д. Ю., Макаровская К. Е., Небольсина, Л. А. Применение торцевых уплотнений в насосах нефтеперерабатывающих заводов.– 2020. – С. 17–21.
- 4 Голубев, А. И. Торцевые уплотнения вращающихся валов.– 2019. – С. 212.
- 5 Папков, С. В. Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов.– 2017. – С. 20–21.
- 6 Годжаев, З. А., Зайцев С. Д., Суминов И. В., Сомов О. В. Долговечность торцевого уплотнения центробежного насоса с нанокерамическими композиционными покрытиями по технологии МДО. – 2019. – С. 44–47.
- 7 Зазулов, В. И. Центробежный насос. – 2018. – С. 24–28.
- 8 Ширококов, П. Э. Двойные торцевые уплотнения для центробежных насосов. – 2017. – С. 67–69.
- 9 Майер, Э. Торцевые уплотнения. – 2018. – С. 288.
- 10 Рахмилевич, З. З. Насосы в химической промышленности. – 2017. – С. 240–245.

REFERENCES

- 1 **Seytenova, G. Zh.** Osnovy neftepererabotki: Uchebnoe posobie. [Fundamentals of petroleum refining: training manual].– Pavlodar: Kereku 2014. – P. 23–27.
- 2 **Mustafin, A. Kh., Kairolla, B. K., Abdurahman, A. Sh.** Razrabotka sistemy ohlazhdenii torcevyh uplotnenii centrobeznyh nasosov [Development of a cooling system for mechanical seals of centrifugal pumps] 2021. – P. 114–121.
- 3 **Korableva, O. N., Smirnov, D. Yu., Makarovskaya K. E., Nebolsina L. A.** Primenenie torcevyh uplotnenii v nasosah neftepererabatyvayushih zavodov. [Application of mechanical seals in pumps of oil refineries].– 2020. – P. 17–21.
- 4 **Golubev, A. I.** Torcevye uplotneniya vrashayushihysya valov [Mechanical seals of rotating shafts].– 2019. – P. 212.
- 5 **Papkov, S. V.** Nauka i tehnologii truboprovodnogo transporta nefi i nefteproduktov [Science and technology of pipeline transport of oil and petroleum products].– 2017. – P. 20–21.
- 6 **Gojaev, Z. A., Zaitsev, S. D., Suminov, I. V., Somov O. V.** Dolgovechnost torceвого uplotneniya centrobezhnogo nasosa s nanokeramicheskimi kompozicionnymi pokrytiyami po tehnologii MDO [Durability of the mechanical seal of the centrifugal pump with nanoceramic composite coatings according to the MDO technology].– 2019. – P. 44–47.
- 7 **Zazulov, V. I.** Centrobezhnyi nasos [Centrifugal pump].– 2018. – P. 24–28.
- 8 **Shirobokov, P. E** Dvoynye torcevye uplotneniya dlya centrobeznyh nasosov [Double mechanical seals for centrifugal pumps].– 2017. – P. 67–69.
- 9 **Maier, E.** Torcevye uplotneniya [Mechanical seals] 2018. – P. 288.
- 10 **Rakhmilevich, Z. Z.** Nasosy v himicheskoi promyshlennosti [Pumps in the chemical industry].– 2017. – P. 240–245.

Материал поступил в редакцию 17.12.21.

***А. Б. Шаймардан¹, А. Х. Мустафин², Г. Ж. Сейтенова³, Д. Н. Қабылқайыр⁴**
^{1,2,3,4}Торайғыров университеті,
 Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.
 Материал баспаға 17.12.21 түсті.

ЕКІ БҮЙІРЛІ ТЫҒЫЗДАҒЫШТАРЫ БАР ОРТАДАН ТЕПКІШ СОҒЫЛАРДЫ САЛҚЫНДАТУ ЖҮЙЕСІН ЖОБАЛАУ

Бұл мақалада сұйытылған газдарды айдауға арналған көлденең көп сатылы сорғының соңғы тығыздағыштарын салқындату жүйесін жасау үшін қос тығыздағыштары бар ортадан тепкіш сорғылардың салқындату жүйесін жобалау әдісі келтірілген. Зерттеу міндеттерінің бірі: сорғының соңғы тығыздағыштарын салқындату жүйесінің гидравликалық және

жылу техникалық есебін жүргізу; салқындату жүйесінде негізгі тораптарды таңдау және оларды байлау бойынша ұсыныстар әзірлеу.

Соңғы тығыздағыштардың бірінің ақаулық себептерін талдау нәтижесінде сорғы өндіруші ұсынған диапазонда (сызба талаптарына сәйкес) беру мен қысымды қамтамасыз ету талаптарын орындай отырып, салқындату цехының жүйесіне қосылғаны анықталды. Қосылған салқындату жүйесі салқындату сұйықтығын (этиленгликоль ерітіндісі) 8 л/мин берумен және 0,4 Мпа (4атм) қысыммен қамтамасыз етті.). Алайда, 10 минуттан артық жұмыс істемегеннен кейін, оны соңғы тығыздағыштардың бірі арқылы тазартылған сұйытылған газдың ағып кетуіне байланысты тоқтатуға тура келді. Зақымдалған тығыздағышты алып тастағаннан кейін, ол «артқа-артқа» схемасына сәйкес жасалған, яғни бір-біріне қарама-қарсы орналасқан екі жақты болып табылады.

Мұндай орнату схемасы салқындатқыштың қысымының басқа техникалық талаптарын талап етеді, ол бір уақытта Ысырма функциясын орындайды, яғни тығыздау камерасын құлыптайды. Тығыздаудың бұл түрі үшін қысым сорғының қысымынан 0,1–0,15 МПа жоғары болуы керек, яғни қарастырылып отырған сорғы үшін 4 МПа + (0,1–0,15) МПа. Осылайша, салқындату жүйесімен жасалған 0,4 МПа қысымы жеткіліксіз болды және сорғының қысқа уақыт ішінде тығыздағыштың істен шығуына әкелді.

Кілтті сөздер: салқындату жүйесі, сорғылар, ортадан тепкіш сорғылар, екі жақты тығыздағыштар, плунжер агрегаттары, ысырма (салқындатқыш) сұйықтық.

***А. Б. Шаймардан¹, А. Х. Мустафин², Г. Ж. Сейтенова³, Д. Н. Кабылқайыр⁴**

^{1,2,3,4}Toraighyrov University,

Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Material received on 17.12.21.

DESIGN OF A COOLING SYSTEM FOR CENTRIFUGAL PUMPS WITH DOUBLE MECHANICAL SEALS

This article describes the design methodology for the cooling system of centrifugal pumps with double mechanical seals in order to develop a cooling system for the mechanical seals of a horizontal multi-stage pump for pumping liquefied gases. The objectives of the study were: hydraulic and thermal engineering calculation of the pump mechanical seal cooling system; development of recommendations for the selection of the main components and their binding in the cooling system.

As a result of the analysis of the malfunction causes in one of the mechanical seals, it was found that the pump was connected to the shop cooling system ensuring supply and pressure in the range recommended by the manufacturer (according to the requirements of the drawing). The connected cooling system provided the supply of coolant (ethylene glycol solution) with a supply of 8 liters/min. and a pressure of 0.4 Mpa (4atm.). However, after working for no more than

10 minutes. it had to be stopped due to a leak of distilled liquefied gas through one of the mechanical seals. After removing the damaged seal, it was found that it is a double end seal made according to the «back to back» scheme, i.e. two single seals located opposite to each other.

Such an installation scheme requires other technical requirements in terms of the pressure of the coolant, which simultaneously performs the function of a gate, i.e., locking the sealing chamber. For this type of seals, the pressure should be 0.1–0.15 MPa higher than the pump pressure, i.e. for the pump in question 4 MPa + (0.1-0.15) MPa. Thus, the pressure created by the cooling system of 0.4 MPa was not sufficient, and during a short period of operation of the pump led to the failure of the seal.

Keywords: cooling system, pumps, centrifugal pumps, double mechanical seals, plunger units, shut-off (cooling) fluid.

МЕТАЛЛУРГИЯ

SRSTI 53.31.15

<https://doi.org/10.48081/FIZV7488>

*A. Zhunusov¹ A. Kenzhebekova², A. Zhunusova³

Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar

RECYCLING OF METALLURGICAL WASTES

At the steel mill LLP «KSP Steel» the problem of disposal of its own waste has not been solved and is relevant. The plant accumulates a large amount of aspiration dust, metallurgical slags, mill scale and refractory waste.

This article presents the results of a research on the recycling of wastes from metallurgical plants in the city of Pavlodar at a steel smelting plant KSP Steel. The pellets were produced with aspiration dust and mixed with steelmaking (white) slag, ferrous sand, scale. The produced pellets were fired at a temperature of 600 °C. The experience with the use of 20 % white slag, 20 % ferrous sand mixed with aspiration dust and 10 % mill scale shows, after burning in a furnace, quite satisfactory strength, which is 80 kg / pellet. The principal possibility of steelmaking using pellets is shown. A positive effect on the recovery process of steelmaking has a carbonaceous reducing agent, which is in the composition of the charge. The pellets are fully capable of partially replacing iron and steel scrap, reducing the cost of metal.

Keywords: aspiration dust, pellets, ferrous sand, slag, steel smelting, induction furnace.

Introduction

At this time, metallurgical plants accumulate a large number of substandard raw materials. Such non-conforming raw materials include dust from aspiration plants, blast dust, screenings of ore materials, i.e. small fraction less than 5 mm.

The use of small fraction in the technological process of production of metals is complicated because of their size, since a significant part of the used fines is carried out by the power-supplying mode of the aggregates and is deposited in dust collectors. Full assimilation of silt charge by furnaces is possible only on condition of its preliminary agglomeration. In a number of metallurgical enterprises such waste is used in the production of sinter, pellets, briquettes [1–2].

At the ferroalloy plants in Kazakhstan there is no such problem, since there are shops for recycling. And almost all the educated fines are used in the production of ferroalloys [3–6].

At the steel mill LLP KSP «Steel» (Pavlodar) the problem of disposal of its own waste has not been solved and is relevant [7]. The plant accumulates a large amount of aspiration dust, metallurgical slags, mill scale and refractory waste.

Materials and research methods

The above wastes are of scientific interest due to the large amount of iron oxide in them, taking into account foreign experience in recycling and reuse [8, 9]. In connection with these scientific issues in the early stages of the research, we took samples of all the available waste at LLP KSP Steel for conducting experiments on making pellets.

Based on this, the technological chain of production and use of pellets as part of the charge for electric smelting is the only acceptable for enterprises of the Pavlodar region, while achieving a high economic result. Given that the average iron content in the above waste is not less than 50 %, and in mill scale more than 70 %.

The chemical composition of all materials used in the research process is shown in Table 1.

Table 1 – The chemical composition of metallurgical wastes, %

Material	Fe _{о6иn}	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	CaO	S	P	C
Aspiration dust	48,6	6,9	3,1	2,1	11,0	0,16	0,11	8,2
Slag from LF	2,20	21,3	2,4	4,6	55,8	0,96	–	–
Ferrous sand	58,7	6,2–8,2	17-20	0,2	4,5-5,7	0,01	0,01	–
Rolled scale	73,4	3,3	–	–	–	0,01	0,01	0,12

After sampling for the research, all the tested materials were ground to a fraction of 0.1 mm. After grinding, the fractional composition was represented by a fraction of less than –0.1 mm. An adverse effect on pelletizing has a fraction of 0.1–1.6 mm [1]. The test material does not fall within this range.

The process of obtaining pellets consisted of two main sequential operations – the production of raw pellets and the subsequent strengthening by high-temperature roasting. Raw pellets were produced from moistened aspiration dust in a rotating disc pelletizer with a plate diameter of 1000 mm. Researches were carried out in the laboratory of the department «Metallurgy» at the S. Toraighyrov Pavlodar State University. The axis of rotation of the disc pelletizer is inclined to the top by 30–55°. The speed of the disc pelletizer is 16 rpm.

A solution of water with liquid glass in the ratio of 2:1 was used as a binder material.

The results of the experiments are shown in table 2.

Table 2 – The results of pellet production experiments

№ Experiment	Charge composition, % (mass.)					The strength to drop raw (green) pellets, pellet / number dropping	Hardness after burning, kg/ pellet	Temperature of burning, °C
	Aspiration dust	Slag from LF	Ferrous sand	Scale	Coke			
1	90	-	-	-	10	3	50	600
2	70	20	-	-	10	5	56	600
3	50	20	10	10	10	7	61	600
4	40	20	20	10	10	10	80	600

1	90	-	-	-	10	3	50	600
2	70	20	-	-	10	5	56	600
3	50	20	10	10	10	7	61	600
4	40	20	20	10	10	10	80	600

From the data of table 2 it can be seen that in the first experiment, aspiration dust with the addition of 10 % solid carbon (coke screenings of 5 mm class) was used as a raw material, the rolling mode was carried out in the normal technological mode. The strength of raw pellets when dropping from a height of 300 mm pellets were not strong enough and crumbled at the 3rd dropping. Raw pellets were burned in a furnace at a temperature of 600 °C. Pellets were strengthened only after firing. It should also be noted that the number of balls formed by 54 % consisted of a fraction of + 5 mm, the rest of the fraction – 5 mm.

In the second experiment, 20 % of the slag of the ladle-furnace furnace (ACP) mixed with aspiration dust was used as raw material. These are slags formed at the end of smelting (final slags) containing a small amount of iron. In electric arc furnaces, during the reduction period under the «final» slag, the content of iron oxides decreases to <1 %, the content of CaO increases to 55–60 %. These slags due to the high content of CaO have a disintegration structure. These slags also do not find application at the plant. Although the chemical composition of these slags are suitable for use in the production of cement. The chemical composition of the ACP slags is given in Table 1. The pellets produced were subjected to natural drying and roasting in a furnace at 600°C. The strength of the pellets after firing reached 56 kg / pellet.

In the third experiment, 20 % ACP slag, 20 % ferrous sand mixed with aspiration dust were used. Ferrous sands - waste alumina production (Pavlodar aluminum plant), formed in the leaching process of bauxite. The granular composition of the ferrous sands does not correspond to the pelletizing regime, therefore we use them in a mixture. The chemical composition of ferrous sands is given in Table 1, from this table a high amount of Fe₂O₃ can be seen.

In the fourth experiment, 20 % slag AKP, 20 % iron sand mixed with aspiration dust, and 10 % mill scale were used as the charge. After firing at a temperature of 600 °C, the strength of the burned pellets was 80 kg / pellet, which fully meets the requirements of electric smelting in accordance with the specifications.

Results and discussion

Results of research work have shown the feasibility of working out the technology for the production of pellets from steel-making production waste of KSP Steel. The resulting fine materials at this plant should be used in a mixture with various wastes of metallurgical production in the city of Pavlodar. For example, experience with the use of 20 % slag AKP, 20 % ferrous sand mixed with aspiration dust and 10 % mill scale shows, after burning in a furnace, quite satisfactory strength for use in electric furnaces.

The produced pellets can be used both in steel-smelting and in ferroalloy production, as additives or partial replacement of metal shavings or ore material.

Further experiments were devoted to the production of steel in an induction furnace with a partial replacement of scrap metal for the pellets made. When analyzing the results of the chemical composition shown in Table 3, an increase in the percentage of carbon is observed in the experimental swimming trunks with pellets and comparative ones. In 10 experimental meltings of St 3 sp steel, the average carbon content in the use of pellets was 0.19 %, at the same time in 10 comparative melts of these same steel grades, the carbon content in the first sample was 0.12 %. Similarly, there is an increase in carbon content in steel grade St 1 sp.

Table 3 – Characteristics of smelts

Steel's mark	Smelts quantity	Using pellets				Steel's mark	Smelts quantity	Without pellets			
		Approximately quantity of pellets on smelts, kg.	Approximately composition acc. To mass, %					Approximately composition acc. To mass, %	C	P	S
			C	P	S						
St 3 sp	10	1,5	0,20	0,006	0,042	St 3 sp	10	0,13	0,002	0,040	
St 1 sp	10	1,0	0,19	0,007	0,044	St 1 sp	10	0,11	0,003	0,037	
Total	20					Total	20				

In the smelting process, pellets were loaded into pre-melted metal. Melting of the metal produced by the base technology.

The average specific energy consumption for swimming trunks using pellets is higher by 0.52 kW / t than in comparative ones, which is 0.2 %, i.e. The average specific energy consumption is almost at the same level. A slight excess of energy consumption can be attributed to the unstable operation of the GW-MF-25 furnace during the testing period, although according to calculations the power consumption should be less.

Conclusions

In the smelting process, early formation of frothy slags was observed. Foamy slags, as is known [8–20], affect the process of oxidation of solid carbon particles in the pellets with the formation of carbon dioxide, which later, when used in the mixture of pellets, will allow to obtain a significant reduction in specific energy consumption and coke, which was noted on individual heats, where the specific consumption was 480–510 kW in terms of tonne of suitable products.

Thus, the principal possibility of steelmaking using pellets is shown. A positive effect on the recovery process of steelmaking has a carbonaceous reducing agent, which is in the composition of the charge. It should also be noted that the pellets are fully capable of partially replacing iron and steel scrap, significantly reducing the cost of the metal.

REFERENCES

- 1 **Fernández-González, D., Ruiz-Bustanza, I., Mochón, J., González-Gasca, C., Verdeja, L.F.** Iron ore sintering: Raw materials and granulation *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*. – 2017.– Vol. 38(1). – P. 36–46.
- 2 **Fernández-González, D., Martín-Duarte, R., Ruiz-Bustanza, I., Mochón, J., González-Gasca, C., Verdeja, L.F.** Optimization of sinter plant operating conditions using advanced multivariate statistics : Intelligent data processing. *JOM*. – 2016.– Vol. 68(8) – P. 2089–2095.
- 3 **Mekhtiev, A., Shabanov Ye., Issagulov, A., Baissanov, S. et al.** Development of technology of complex aluminum-silicon-chrome alloy with utilization of offgrade raw materials // *Metalurgija*. – Zagreb, 2015. – Vol. 54. – № 1. – P. 157–160.
- 4 **Шабанов, Е. Ж., Байсанов, С. О., Исагулов, А. З., Байсанов А. С., Чекимбаев, А.Ф.** Получение комплексного сплава алюмосиликохрома бесшлаковым способом // *Российская металлургия (Металлы)*. – 2014. – № 5. – С. 11–14.
- 5 **Zhuchkov, V. I., Andreev, N. A., Zayakin, O.V., Ostrovskii, Y. I., Afanas'ev, V.I.** Composition and performance of chromium-bearing ferroalloys Steel in Translation. 2013.
- 6 **Tolybekova, L. B., Kim, A. S., Zhunusov, A. K., Babenko, A. A.** Thermal Transformations in Manganese Ores in the Zapadnyi Kamys Deposit and Chare Materials Used to Produce in an Air Flow under Nonisothermal Conditions // *Mettallurgist*. – New York: Spinger US. – 2013. – Vol. 56. – P. 919–924.
- 7 **Spanov, S. S., Zhunusov, A.K., Tolybekova, L.B.** Steel pilot melting at LLP «KSP STEEL» using Ferro-Silica-Aluminum // *Mettallurgist*. – New York: Spinger US. – 2017. – Vol. 60. Issue 11–12. – P.1149–1154.
- 8 **Kazuhiro HORII, Naoto TSUTSUMI, Yoshiyuki KITANO, Toshiaki KATO.** Processing and Reusing Technologies for Steelmaking Slag // *NIPPON STEEL TECHNICAL REPORT*. – №. 104. – 2013. – P. 123–128.
- 9 **Vlcek J., Tomkova V., Ovcacikova H., Ovcacik F., Topinkova, M. Matejka.V.** Slags from steel production: properties and their utilization // *Metalurgija*. – 2013. – Vol. 52(3). – P. 329–333.
- 10 **Zhu, T. X, Coley, K. S, Irons, G. A.** Progress in Slag Foaming in Metallurgical Processes // *Metallurgical and Materials Transactions B*. – 2012. – Vol. 43(4). – P. 751–757.
- 11 **Ito, K., Fruehan, R. J.** Study on the foaming of CaO-SiO₂-FeO slags : Part I. Foaming parameters and experimental results // *Metallurgical Transactions B*. – 1989. – Vol. 20(4). – P. 509–514.
- 12 **Jiang, R, Fruehan, R. J.** Slag foaming in bath smelting // *Metallurgical Transactions B*. – 1991. – Vol. 22(4). – P. 481–489.
- 13 **Stadler, SAC. Eksteen, J. J, Aldrich, C.** An experimental investigation of foaming in acidic, high FexO slags. *Minerals Engineering*. – 2007. – Vol. 20(12). – P.1121–1128.

- 14 **Zhang, Y., Fruehan, R J.** Effect of the bubble size and chemical reactions on slag foaming. *Metallurgical and Materials Transactions B.* – 1995. – Vol. 26(4). – P.803–812.
- 15 **Ghag, S. S., Hayes P. C., Lee H. G.** The Prediction of Gas Residence Times in Foaming CaO-SiO₂-FeO Slags. *ISIJ International.* 1998. – Vol. 38(11). – P.1216-1224.
- 16 **Skupien, D. Gaskell, DR.** The surface tensions and foaming behavior of melts in the system CaO-FeO-SiO₂. *Metallurgical and Materials Transactions B.* – 2000. – Vol. 31(5). – P. 921–925.
- 17 **Hong, L. Hirasawa, M. Sano, M.** Behavior of Slag Foaming with Reduction of Iron Oxide in Molten Slags by Graphite. *ISIJ International.* 1998. – Vol. 38(12). – P.1339–1345.
- 18 **Lotun, D., Pilon L.** Physical Modeling of Slag Foaming for Various Operating Conditions and Slag Compositions. *ISIJ International.* – 2005. – Vol. 45(6). – P. 835–840.
- 19 **Krishnan, S. S. Balasubramanian, N.** *Metallurgical Production Plant–Energy and Environment // Treatise on Process Metallurgy : Industrial Processes Pages.* – 2014. – Vol. 3. – P.1193–1247.
- 20 **Anderson, C. G.** *Pyrometallurgy // Reference Module in Materials Science and Materials Engineering.* – 2016.

REFERENCES

- 1 **Fernández-González, D., Ruiz-Bustinza, I., Mochón, J., González-Gasca, C., Verdeja, L. F.** Iron ore sintering: Raw materials and granulation *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review.* – 2017.– Vol. 38(1). – P. 36–46.
- 2 **Fernández-González, D., Martín-Duarte, R., Ruiz-Bustinza, I., Mochón, J., González-Gasca, C., Verdeja, L. F.** Optimization of sinter plant operating conditions using advanced multivariate statistics : Intelligent data processing. *JOM.* – 2016.– Vol. 68(8) – P. 2089–2095.
- 3 **Mekhtiev, A., Shabanov Ye., Issagulov, A., Baissanov, S. et al.** Development of technology of complex aluminum-silicon-chrome alloy with utilization of offgrade raw materials // *Metalurgija.* – Zagreb, 2015. – Vol. 54. – № 1. – P. 157–160.
- 4 **Шабанов, Е. Ж., Байсанов, С. О., Исагулов, А. З., Байсанов А. С., Чекимбаев, А.Ф.** Получение комплексного сплава алюмосиликохрома бесшлаковым способом // *Российская металлургия (Металлы).* – 2014. – № 5. – С. 11–14.
- 5 **Zhuchkov, V. I., Andreev, N. A., Zayakin, O. V., Ostrovskii, Y. I., Afanas'ev, V. I.** Composition and performance of chromium-bearing ferroalloys Steel in Translation. 2013.
- 6 **Tolymbekova, L. B., Kim, A. S., Zhunusov, A. K., Babenko, A. A.** Thermal Transformations in Manganese Ores in the Zapadnyi Kamys Deposit and Chare Materials Used to Produce in an Air Flow under Nonisothermal Conditions // *Mettallurgist.* – New York: Springer US. – 2013. – Vol. 56. – P. 919–924.

- 7 **Spanov, S. S., Zhunusov, A.K., Tolymbekova, L.B.** Steel pilot melting at LLP «KSP STEEL» using Ferro-Silica-Aluminum // *Mettallurgist.* – New York: Springer US. – 2017. – Vol. 60. Issue 11–12. – P.1149–1154.
- 8 **Kazuhiro HORII, Naoto TSUTSUMI, Yoshiyuki KITANO, Toshiaki KATO.** Processing and Reusing Technologies for Steelmaking Slag // *NIPPON STEEL TECHNICAL REPORT.* – №. 104. – 2013. – P. 123–128.
- 9 **Vlcek J., Tomkova V., Ovcacikova H., Ovcacik F., Topinkova, M. Matejka.V.** Slags from steel production: properties and their utilization // *Metalurgija.* – 2013. – Vol. 52(3). – P. 329–333.
- 10 **Zhu, T. X, Coley, K. S, Irons, G. A.** Progress in Slag Foaming in Metallurgical Processes // *Metallurgical and Materials Transactions B.* – 2012. – Vol. 43(4). – P. 751–757.
- 11 **Ito, K., Fruehan, R. J.** Study on the foaming of CaO-SiO₂-FeO slags : Part I. Foaming parameters and experimental results // *Metallurgical Transactions B.* – 1989. – Vol. 20(4). – P. 509–514.
- 12 **Jiang, R, Fruehan, R. J.** Slag foaming in bath smelting // *Metallurgical Transactions B.* – 1991. – Vol. 22(4). – P. 481–489.
- 13 **Stadler, SAC. Eksteen, J. J, Aldrich, C.** An experimental investigation of foaming in acidic, high FexO slags. *Minerals Engineering.* – 2007. – Vol. 20(12). – P.1121–1128.
- 14 **Zhang, Y., Fruehan, R J.** Effect of the bubble size and chemical reactions on slag foaming. *Metallurgical and Materials Transactions B.* – 1995. – Vol. 26(4). – P.803–812.
- 15 **Ghag, S. S., Hayes P. C., Lee H. G.** The Prediction of Gas Residence Times in Foaming CaO-SiO₂-FeO Slags. *ISIJ International.* 1998. – Vol. 38(11). – P.1216-1224.
- 16 **Skupien, D. Gaskell, DR.** The surface tensions and foaming behavior of melts in the system CaO-FeO-SiO₂. *Metallurgical and Materials Transactions B.* – 2000. – Vol. 31(5). – P. 921–925.
- 17 **Hong, L. Hirasawa, M. Sano, M.** Behavior of Slag Foaming with Reduction of Iron Oxide in Molten Slags by Graphite. *ISIJ International.* 1998. – Vol. 38(12). – P.1339–1345.
- 18 **Lotun, D., Pilon L.** Physical Modeling of Slag Foaming for Various Operating Conditions and Slag Compositions. *ISIJ International.* – 2005. – Vol. 45(6). – P. 835–840.
- 19 **Krishnan, S. S. Balasubramanian, N.** *Metallurgical Production Plant–Energy and Environment // Treatise on Process Metallurgy : Industrial Processes Pages.* – 2014. – Vol. 3. – P.1193–1247
- 20 **Anderson, C. G.** *Pyrometallurgy // Reference Module in Materials Science and Materials Engineering.* – 2016.

Material received on 17.12.21.

*А. Жунусов¹, А. Кенжебекова², А. Жунусова³^{1,2,3}Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

Материал баспаға 17.12.21 түсті.

МЕТАЛЛУРГИЯЛЫҚ ҚАЛДЫҚТАРДЫ ҚАЙТА ӨНДЕУ

Бұл мақалада Павлодар қ. металлургиялық зауыты «KSP Steel» ЖШС болат балқыту зауытының қалдықтарын қайта өңдеуді зерттеу нәтижелері келтіріледі. Шекемтастар аспирациялық шаңмен және болат балқытатын (ақ) қожбен, темірлі құммен, от қабыршақты қоспамен өндірілді. Алынған шекемтастар 600 °С. температурада күйдіру сатысынан өтті. Ақ қождың 20 %, аспирациялық шаңмен араласқан темір құмдардың 20 % және илем отқабыршығының 10 % қолдану тәжірибесі нештегі күйдіруден кейін 80 кг/шекемтасқа тең болатын қанағаттанарлық беріктікті көрсетеді.

Шекемтастарды қолдана отырып, болатты балқытудың негізгі мүмкіндігі көрсетілген. Болатты балқытудың қалпына келтіру процесіне шихта құрамындағы көміртекті тотықсыздандырығыш оң әсер етеді. Шекемтастар шойын мен болат сынықтарын ішінара алмастыра алады, металдың өзіндік құнын төмендетеді.

Кілтті сөздер: аспирациялық шаң, шекемтастар, темірлі құм, қож, болат балқыту, индукциялық пеш.

*А. Жунусов¹, А. Кенжебекова², А. Жунусова³^{1,2,3}Торайғыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар.

Материал поступил в редакцию 17.12.21.

ПЕРЕРАБОТКА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

В данной статье приводятся результаты исследования переработки отходов металлургических заводов г. Павлодара сталеплавильного завода ТОО KSP «Steel». Окатыши производились с аспирационной пылью и в смеси со сталеплавильным (белым) шлаком, железистым песком, окалиной. Полученные окатыши проходили стадию обжига при температуре 600 °С. Опыт с использованием 20 % белого шлака, 20 % железистых песков в смеси с аспирационной пылью и 10 % прокатной окалины показывает после обжига в печи вполне удовлетворительную прочность, которая равна 80 кг/окатыши.

Показана принципиальная возможность выплавки стали с использованием окатышей. Положительное влияние на восстановительный процесс выплавки стали оказывает углеродистый восстановитель, находящийся в составе шихты. Окатыши вполне способны частично заменить чугуна и стальной лом, снизив себестоимость металла.

Ключевые слова: аспирационная пыль, окатыши, железистый песок, шлак, выплавка стали, индукционная печь.

FTAMP 14.37.27

<https://doi.org/10.48081/PASZ7858>

А. Ж. Касенов¹, *М. Ж. Тусупбекова², Р. Б. Муканов³,
Д. Р. Абсолямова⁴, А. У. Камаров⁵

^{1,2,3,4,5}Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.**ТҮРЛІ КОНСТРУКЦИЯДАҒЫ СУМЕН САЛҚЫНДАТЫЛАТЫН ТЕСКІШ ҚҰРАЛБІЛІКТІ ҚАТТЫ КҮЙДЕГІ КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛЬДЕУДІ ТАЛДАУ**

Конструкцияның тозуын азайту мақсатында сумен салқындатылатын тескіш құралбіліктердің қолданыста бар екі конструкциясының талдауы қарастырылады. КОМПАС-3D автоматтандырылған жобалау жүйесін қолдана отырып компьютерлік модель құрастырылды және температуралық талдау жүргізілді. CAD/CAE/CAM кешендерінің құрамындағы CAE бағдарламаларын қолдану тәжірибесіне сүйене отырып және CAE жүйелерін машина жасаудағы әртүрлі зерттеу және жобалау мәселелерін шешуде есептеу эксперименттерін жүргізудің заманауи құралы ретінде орналастырып, негізінде APM FEM қолданбалы кітапханасын қолдану.

Қобалау процесі жіксіз құбырларды өндірудегі негізгі процестердің бірі болып табылады, ал көлденең бұрандалы илемдеу орнақтарының жұмысында қолданылатын тескіш құралбілік, өндірілетін гильзаның сапасына айтарлықтай әсер етеді. тескіш құралбіліктің тұрақтылық мәселесі, барлық қобалаушы орнақтарға тән. Қобалаушы орнақтардың істен шығуы олардың қобалау кезіндегі жұмысының агрессивті жағдайларына байланысты (жоғары температура әсерінен деформация ошағында болуы), ал легирленген болаттан жасалған жіксіз құбырларды өндіру процесі илемдеу жағдайын едәуір нашарлатады.

КОМПАС-3D бағдарламасында тескіш құралбілік конструкциясының жобалаумен 3D модельдеу арқылы өндірістегі тескіш құралбілікке талдау жасалады.

Өндірісте қолданылатын тескіш құралбіліктің 3D модельдеу әдісімен талдағаннан кейін пайдалану мерзімін ұлғайтуға мүмкіндік беретін тескіш құралбіліктің конструкциясы жобаланды.

Кілтті сөздер: КОМПАС-3D, қатты күйдегі модельдеу, көлденең-бұрандалы илемдеу, қобалаушы орнақ, сумен салқындатылатын тескіш құралбілік, қобалаушы, білік, калибрлеу, дайындама.

Кіріспе

Қобалаушы орнақ ыстықтай илемделген жіксіз құбырларды өндіруге арналған. Дөңгелек штангалар түрінде ыстықтай илемделген құбырларды өндіруге арналған шикізат металлургиялық комбинаттардан түседі. Ыстықтай илемделген құбырлар (ЭББЦ-2-ден тасымалданып) соңғы тұтынушыларға (ҚИӨ БИЖ) жөнелтеді.

Дайындаманы карусельді пеште қыздырғаннан және кескеннен кейін дайындама көлденең-бұрамалы илемдеугін қобалаушы орнақтарына беріледі.

Қазіргі уақытта ішкі қуысты ашу процесінің физикасы туралы бірыңғай көзқарас жоқ. Осьтік, радиалды және тангенциалды (айналмалы, тангенциалды) кернеулердің эпюраларын әр түрлі талқылайды. Бір теорияға сәйкес, ішкі қабаттың сыртқы қабаттардың қысымымен қатты (сынғыш) бұзылуы, басқа теорияға сәйкес процесс физикасы пластикалық деформацияға негізделген.

Қарапайым түрде, ішкі қуыстың пайда болу себептері біліктердің қысу күштеріне перпендикуляр бағытта әрекет ететін созылу кернеулерінің пайда болуы болып табылады. Сыртқы қабаттар, біліктердің қысылу әсерінен созылып (овализация), сонынан ішкі орталық қабатты «тартады», ал дайындаманың айналуы металдың өзегіндегі кернеулердің өзгеруіне әкеледі, бұл соңында өзектің бұзылуына әкеледі. Бір теорияға сәйкес, бұзылу қалыпты созылу күштері сынғыш беріктік шегіне жеткенде пайда болады, ал басқа теорияға сәйкес, осьтік аймақта созылу кернеулерінің айырмашылығы ағым шегінен асқан кезде пайда болады. Дайындаманы қобалау кезінде тескіш құралбілік алдында қуыстың өздігінен ашылуына жол бермеу үшін қысыуы критикалықтан аз болуы керек.

Дайындама қобалау орнағына кірген кезде тескіш құралбілік өзегі тірек басымен және үш роликті қысқышпен ұсталады, олардың әрқайсысы 120° бұрышта орналасқан үш роликтен тұрады, бұл тескіш құралбілік өзегін өз осінің айналасында айналдыруға мүмкіндік береді, бірақ өзекшені илем осінде ұстайды. Қобалау кезінде гильзаның шығыс бөлігі илем осінің айналасында «соғылады» және роликті тұтқалармен ұстап тұратын тескіш құралбілікті шайқайды. Қобаланған дайындама келесі роликті қысқышқа жақындаған уақытта, ол ашылып қобаланған дайындаманы өзі арқылы өткізеді. Дайындаманың артқы ұшы роликтерден шыққан кезде, барлық ролик қысқыштары ашық болады, олардың артқы ұшы қобалаушы орнағынан шыққан кезде, тескіш құралбілік өзегі сызғыштар бойындағы қысқыштармен ұсталады, ал ұстап тұрған тірек ашылады және алынған қобаланған дайындама – гильза, қобалаушы орнағының сызығынан «кетеді». Илемдеу кезінде тескіш құралбілік қозғалыссыз, кезекпен, тіреуіш баспен (илемдеу кезінде) немесе қобалау аяқтағаннан және гильзаны тескіш құралбілік алғаннан кейін сызғыштар бойында ұстап тұрады.

Илемдеу құралының жағдайы құбырлардың сапасына да айтарлықтай әсер етеді. Итергіш шүмектері, жұмыс роликтері және бағыттаушы құрал жоғары температура, қысым және циклдік қыздыру және салқындату кезінде ауыр жағдайда жұмыс істейді, нәтижесінде ыстық жарықтар пайда болады, жұмыс беттерінің пішіні жоғалады және балқытылады. Сонымен қатар, жоғары сапалы құбырлардан басқа, металды ұтымды қалыптауды, қажетті геометриялық өлшемдерді алуды, құралдың жеткілікті тозуға төзімділігін және орнақтың өнімділігін қамтамасыз етуі керек қобалау орнағының технологиялық құралының калибрлеуінің есептеу мағынасы де маңызды.

Ұзақ уақыт жоғары температура мен жоғары қысымға ұшыраған ауыр жағдайларда жұмыс істейтін қобалаушы сумен салқындатылатын тескіш

құралбіліктердің пайдалану ерекшеліктері қарастырылады [1–8]. Сумен салқындататын тескіш құралбіліктердің тозуға төзімділігі ауысатын тескіш құралбіліктермен салыстырғанда едәуір жоғары – орташа есеппен 600–1000 рет өтуге тең, бірақ легирленген болаттарды қобалау кезінде циклдар саны, ең қолайлы жағдайда, 150 жетеді [4]. тескіш құралбіліктің ең көп таралған түрлері-сфералық жұмыс бөлігі бар және бас бөлігінде салқындататын тар арнасы кеңейген түрге аусады (1-кесте).

Кесте 1 – 2016 жылғы қаңтардан маусымға дейінгі кезінде тескіш құралбіліктің қажеттілігі, тонна/дана

Қобалаушысының диаметрі Құбыр S	қаңтар	ақпан	наурыз	сәуір	мамыр	маусым	Жиыны қобалау-н саны
167 73-тен 114 дейін қабырға 11–13	446,21/ 2	589,81/ 3	167,42/ 1	149,89/ 1	144,62/ 1	151,8/ 1	9
158 108-ден 114 дейін қабырға 15–17	284,37/ 1	455,52/ 2	29,15/ 1	32,28/ 1	24,6/ 1	24,6/ 1	7

Құбыр илемдеу тәжірибесі және техникалық әдебиеттерді талдау [7, 9] қобалаушы тескіш құралбіліктердің тозуының негізгі түрлері: шұлық пен жұмыс бетінің пластикалық деформациясы; жергілікті тозуы, қажалуы, тескіш құралбілік денесінен металл тартуы және жыртуы; тор тәрізді жарықтар, аймақтық жарықтар; тескіш құралбіліктің жұмыс бөлігінің балқуы; тескіш құралбілікке дайындама металының жабысуы (1- және 2-сурет).



Сурет 1 – «Бұрме» жұмыс бөлігінің тозуға ұшыраған тескіш құралбіліктің сыртқы көрінісі



Сурет 2 – Көгілдір тормен және жұмыс бөлігінің бұзылу аймағы пайда болған тескіш құралбіліктің сыртқы көрінісі

Тозуды талдау тескіш құралбіліктің тұрақтылығын анықтайтын негізгі фактор температура деңгейі және оны қобалаушы құралының көлеміне таралуы болып табылады деген қорытынды жасауға мүмкіндік береді.

Жоғарыда айтылғандарға байланысты, қобалау кезіндегі тозудың ең көп таралған түрі-конструкциялық болаттан жасалған металдан жасалған және итергіштің өзегіне бұралған қобалау орнағының итергіш басының деформациясы болып табылады.

Осылайша, қобалаушы орнағының итергіш басының «шүмегі» жоғары температура мен деформацияға ұшырамайды, бұл құбырлардың жұмыс бетінің қажетті геометриялық өлшемдері мен пішіндерін қамтамасыз ете отырып, өнімнің қызмет ету мерзімі мен сапасын едәуір арттырады [6, 10].

Материалдар мен әдістер

Орнақта қобалау кезінде дайындамаға бір уақытта айналмалы және үдемелі қозғалыстары түседі. Ол илем осі бойымен арнаға салынып, итергішпен бір-бірінің үстінде орналасқан біліктерге дейін итеріледі, бір-бірінің арасында айналу бағыты бірдей. Дайындама көлбеу орнатылған ($5-17^\circ$ илемдеу осіне) біліктермен тартылып әкетіледі де, олардың арасында илемделеді.

Деформация ошағында металды ұстап тұру үшін тік жазықтықта орналасқан екі бағыттаушы сызғыштары болады. Біліктер мен сызғыштардың әрекеті бізге құбырдың сыртқы диаметрін береді. Тегіс беті бар қажетті диаметрдің ішкі тесігін алу үшін илемдеу тескіш құралбілікте жүзеге асырылады – дайындаманың қозғалу жолындағы біліктер арасындағы өзектің соңында орнатылған конус тәрізді құрал. Алға қозғалған кезде дайындама тескіш құралбілікке қарай жылжиды - соның нәтижесінде қобаланады, бұл ретте қобаланған саңылаудың кеңеюі және түзетілуі орын алады. Жұмыс кезінде температура режимі шамамен 1200°C , ал тескіш құралбіліктің температурасы $380-410^\circ\text{C}$ болады [11-13].

Эксперимент – дәл ескерілетін жағдайларда педагогикалық шындықты түрлендірудің ғылыми негізделген тәжірибесі. Түрлі эксперименттер жүргізуге болатын көптеген компьютерлік бағдарламалар бар. Мысалға: AutoCad, Компас 3D, T-flex, 3Ds Max, Graphite, VariCAD және с.с. 3D модельдеуге арналған

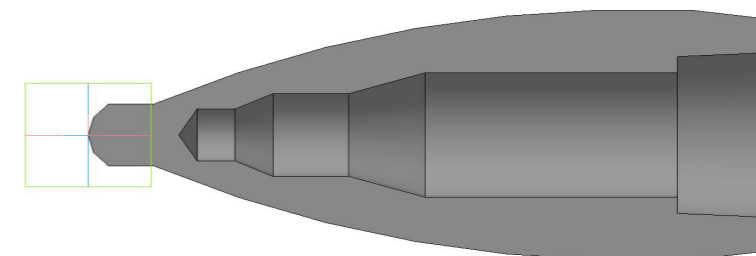
бағдарламалар осы уақытта функционалды деңгейге жетті, сондықтан оларды қолданыста қолданылмайтын маміндеттер мен салалар жоқ. Күрделі кәсіби. «KSP Steel» ЖШС ҚФ өндірістік тәжірибе барысында қажетті әдебиеттер зерттеліп, қобалау орнағының жұмысы талданды. Өндірістің көпжылдық тәжірибесіне сүйене отырып, әлемнің өнеркәсіптік алаңдарында кеңінен қолданылатын екі тескіш құралбіліктің компьютерлік модельдеу жүргізілді. Сызбалар Компас 3D бағдарламасында орындалды.

КОМПАС-3D – «АСКОН» компаниясымен әзірленген автоматтандырылған жобалау жүйесі. Жүйе үш өлшемді параметрлік жобалаудың классикалық процесін – идеядан ассоциативті көлемдік модельге, модельден жобалық құжаттамаға дейін жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

«КОМПАС-3D» негізгі компоненттері – үш өлшемді қатты күйдегі модельдеу жүйесі болып табылады, КОМПАС графигінің әмбебап автоматтандырылған жобалау жүйесі және спецификацияны жобалау модулі.

КОМПАС-3D жүйесі түпнұсқалы және стандартталған құрылымдық элементтері бар жеке бөлшектер мен құрастыру қондырғыларының үш өлшемді ассоциативті модельдерін жасауға арналған. Параметрлік технология бір рет жобаланған прототип негізінде стандартты өнімдердің модельдерін тез алуға мүмкіндік береді. Көптеген сервистік функциялар өндірісті жобалау мен техникалық қызмет көрсетудің көмекші міндеттері шешуді жеңілдетеді.

3-суретте қобалау орнағының сумен салқындатылатын тескіш құралбілігі көрсетілген. Ол құбыр илемдеу өндірісінде дайындамаларды алдыңғы бөлігінде су мен буды бұру үшін саңылауларсыз сумен салқындатылатын тескіш құралбіліктері бар көлденең-бұрамалы илемдеу орнақтарында қобалау кезінде оның тозуға төзімділігін арттыруға арналған. Тескіш құралбілік өзектің еденіне оның ішіне сақиналы саңылаумен орнатылған жеткізу түтігі бар орнатылады.



Сурет 3 – Сумен салқындатылатын тескіш құралбілік

Салқындатқыштың айналымы арқылы тескіш құралбіліктің ішкі салқындауын жақсарту және оларға әртүрлі жылдамдықты беру үшін салқындатқыш ағындарды бөлу түтігінде конустық тығынның орнатылғандығымен қамтамасыз етіледі, сол кезде тығын симметриялы емес түрде орнатылады, беріліс түтігі мен тескіш құралбіліктің осіне қатысты реттелетін эксцентріктілігі $\varepsilon = 0,1 \div 0,3$ болады.

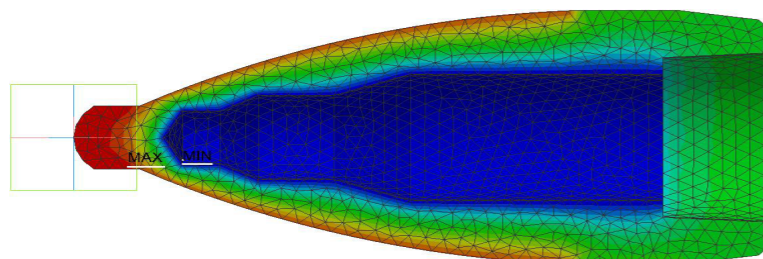
Нәтижелер және талқылау

«Ауыстырылмайтын» тескіш құралбіліктің салқындату үнемі іштен ұстап тұратын өзектің ішіндегі түтік арқылы келетін сумен және сыртқы жағынан

шашыратқыш құрылғымен, қобалауыштар арасындағы үзілістермен жүзеге асырылады. Жеткізу түтігінен шыққан су ішкі бетін жуады және жеткізу түтігі мен тескіш құралбілік арасындағы сақина саңылауы арқылы шығарылады.

Тескіш құралбіліктердің тозуға төзімділігін арттыру міндеті ішкі салқындату жақсарту арқылы жүзеге асырылады. тескіш құралбіліктердің қалыпты циркуляциялық салқындауын қамтамасыз ету үшін су беретін түтік ілгерлетілуі тиіс. Бұл конструкцияда бу тығынының қалдығы кемшілік болып табылады.

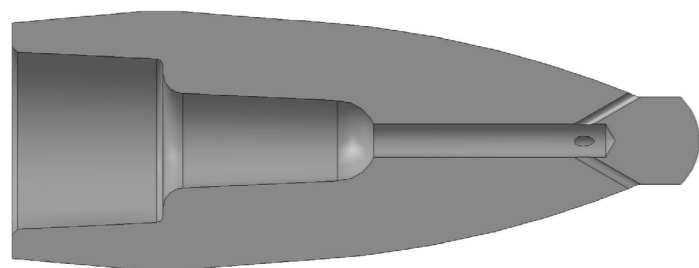
«КОМПАС-3D» бағдарламалық жасақтамасында температуралық талдау орындалды (4-сурет).



Сурет 4 – Қобалаушы орнағының сумен салқындатылатын тескіш құралбіліктің температуралық қызуы (саңылаусыз)

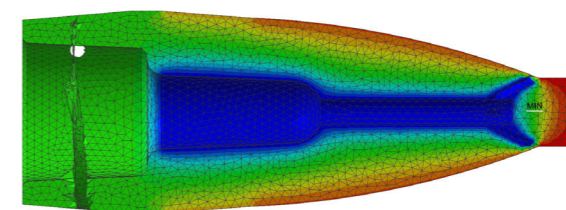
Дайындаманың температурасы 1156 °С. Жоғары температура нәтижесінде тескіш құралбілік жиі істен шығады, өйткені шүмектегі температура 900 °С-қа жетеді. Суық судың температурасы 4–25 °С.

Сумен салқындатылатын тескіш құралбіліктің тағы бір нұсқасы қарастырылды (5-сурет).



Сурет 5 – Саңылаулары бар сумен салқындатылатын тескіш құралбілік

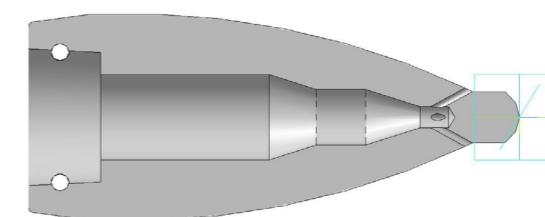
5-суретте 4 тесіктері бар тескіш құралбілік көрсетілген. Бұл суды және буды сыртқа шығару және де бу тығынының пайда болуын болдырмау үшін орындалған. Температураны талдауда барысында (6-сурет) тескіш құралбілік 3-суреттегі тескіш құралбілікқарағанда әлдеқайда жақсы салқындағанын көруге болады.



Сурет 6 – Екінші сумен салқындатылатын тескіш құралбіліктің температуралық талдауы

6-суреттен 4 тесіктің тескіш құралбілікке қалай әсер ететінін көруге болады. Олар тескіш құралбілікті жақсы салқындатуға ықпал етеді.

Жұмыс аяқталған соң, қобалаушы орнақтың сумен салқындатылатын екі тескіш құралбілігі да талдады. Екі тескіш құралбіліктің артықшылықтары мен кемшіліктері көрінеді. Компьютерлік модельдеу процесінде және алынған нәтижелерге сүйене отырып, тескіш құралбіліктің келесі конструкциясы жобаланды (7-сурет).

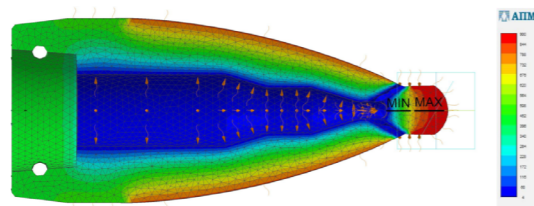


Сурет 7 – Ұсынылатын сумен салқындатылатын тескіш құралбілік

Құрылымның тозуын азайту үшін шүмекке жақын тесіктері бар теориялық тұрғыдан оңтайлы сумен салқындатылған тескіш құралбілік құрылды.

Сонымен қатар, температуралық жүктеме процесі жүргізілді. Нәтижесі айқын (8-сурет).

2-кестеде тескіш құралбіліктің жаңа конструкциясының қажеттілігі туралы деректер берілген.



Сурет 8 – Ұсынылған сумен салқындатылатын тескіш құралбіліктің температуралық талдауы

Кесте 2 – Жаңа конструкциядағы тескіш құралбіліктің қажеттілігі, тонна/дана

1 Құбыр S		қантар	ақпан	наурыз	сәуір	мамыр	маусым	Жиыны қобалауыштардың саны
167	73-ден 114 дейін қабырға 11-13	669,31/ 2	742,32/ 3	251,13/ 1	235,27/ 1	223,4/ 1	260,51/ 1	9
158	108-ден 114 дейін қабырға 15-17	426,5/ 1	601,4/ 2	43,7/ 1	48,42/ 1	37,9/ 1	38/ 1	7

Қорытындылар

Тескіш құралбіліктің екі құрылымын талдау нәтижесінде олардың жеткіліксіз тұрақтылығын атап өтуге болады. Бірінші конструкцияның кемшілігі-тесіктердің болмауы, соның нәтижесінде бу тығыны пайда болады, бұл тескіш құралбіліктің осы құрылымының тез тозуына ықпал етеді және тиімсіз болып табылады. Екінші конструкцияның кемшілігі, тескіш құралбіліктің салқындатудың жетілмеген жүйесі болып келеді. Өндірісте қолданылатын тескіш құралбіліктің 3D модельдеу әдісімен талдағаннан кейін, КОМПАС-3D бағдарламасында, пайдалану мерзімін ұлғайтуға мүмкіндік беретін тескіш құралбіліктің конструкциясы жобаланды.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Оспантаев, А. К., Оспантаев, М. К., Касенов, А. Ж.** Модернизация прошивного стана (обзор) // Международная научная конференция молодых учёных, магистрантов, студентов и школьников «XVII Сатпаевские чтения». – Павлодар : ПГУ им. С. Торайгырова, 2017. – С. 55–60.

2 **Вавилкин, Н. М., Бодров, Д. В.** Исследование теплового и термонапряженного состояний водоохлаждаемых оправок различных конструкций // Производство проката. – 2011. – № 3. – С. 12–14.

3 **Тинигин, А. Н., Бодров, Д. В.** Метод расчета температурных полей и термических напряжений в процессах обработки металлов давлением. // Производство проката. – 2011. – № 10. – С. 2–5.

4 **Вавилкин, Н. М., Бодров, Д. В.** Тепловое и термонапряженное состояние водоохлаждаемых оправок // Металлы. – 2011. – № 1. – С. 31.

5 **Жанабаева, Г. М., Сержанов, Р. И., Богомолов, А. В.** Стойкость оправок прошивного стана // Наука и техника Казахстана. – 2011. – № 3–4. – С. 33–40.

6 **Vavilkin, N. M., Bodrov, D. V.** Thermal and thermally stressed state of water-cooled mandrels // Russian metallurgy (Metally). – 2011. – Т. 2011. – № 1. – P. 25–28.

7 **Жанзаков, Д. Г., Жумаш, Ж. С., Романов, Т. Н., Богомолов, А. В.** Совершенствование конструкции металлургического оборудования // Наука и техника Казахстана. – 2014. – № 3–4. – С. 24–29.

8 **Машеков, С. А., Кузьминов И. И. и др.** Технология прокатного производства. – Алматы : ТЕТAPRINT, 2007. – 334 с.

9 **Вавилкин, Н. М.** Прошивная оправка / Вавилкин, Н.М. Бухмиров В. В. – М. : МИСиС, 2000. – 128 с.

10 **Сержанов, Р. И., Богомолов А. В.** Формирование прокатного производства в Павлодаре: проблемы и перспективы, 2005. С. 128–135.

11 **Баканов, А. А., Мирошник А. И., Пимонов М. В., Абабков Н. В.** Анализ напряженно-деформированного состояния листов в процессе рулонирования // Материалы XI Международной научно-практической конференции «Инновации в машиностроении». – Бийск, 2020. – С. 207–213.

12 **Ляшков, А. А.** Геометрическое и компьютерное моделирование формообразования поверхностей деталей // Омский государственный технический университет. Омск, 2013. – 92 с.

13 **Левин, В. А.** Теория многократного наложения больших деформаций и ее промышленная реализация в полнофункциональной сae для прочностного инженерного анализа // Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. – 2013. – № 2-2. – С. 156–178.

REFERENCES

1 **Ospantayev, A. K., Ospantayev M. K., Kasenov A. Zh.** Modernizatsiya proshivnogo stana (obzor) [Modernization of the piercing mill (review)]. Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya molodykh uchonykh, magistrantov, studentov i shkol'nikov «XVII Satpayevskiye chteniya». – Pavlodar : PGU im. S. Toraygyrova, 2017. –P. 55–60

2 **Vavilkin, N. M., Bodrov D. V.** Issledovanie teplovogo i termonaprájennogo sostoiani vodoohlajdaemyh opravok razlichnyh konstrýksii [Investigation of thermal

and thermally stressed states of water-cooled mandrels of various designs]. *Proizvodstvo prokata*. 2011. – № 3. – P. 12–14.

3 **Timigin, A. N., Bodrov D. V.** Metod rascheta temperaturnyh polei i termicheskikh naprajenii v prosesah obrabotki metalov davleniem [Method for calculating temperature fields and thermal stresses in metal pressure treatment processes]. *Proizvodstvo prokata*. – 2011. – № 10. – P. 2–5.

4 **Vavilkin, N. M., Bodrov D. V.** Teplovoe i termonaprajennoe sostoianie vodoohlajdaemykh opravok [Thermal and thermally stressed state of water-cooled mandrels]. *Metaly*. – 2011. – № 1. – P. 31.

5 **Janabaeva, G. M., Serjanov R. I., Bogomolov A. V.** Stoikos opravok proshivnogo stana [Durability of mandrels of the sewing mill]. *Nauka i tehnika Kazahstana*. – 2011. – № 3–4. – P. 33–40.

6 **Vavilkin, N. M., Bodrov, D. V.** Thermal and thermally stressed state of water-cooled mandrels. *Russian metallurgy (Metally)*. – 2011. – Т. 2011. – № 1. – P. 25–28.

7 **Janzakov, D. G., Jumash, J. S., Romanov, T. N., Bogomolov, A. V.** Sovershenstvovanie konstruksii metalurgicheskogo oborudovaniia [Improving the design of metallurgical equipment]. *Nauka i tehnika Kazahstana*. – 2014. – № 3–4. – P. 24–29.

8 **Mashekov, S.A., Kuzminov, I. I. et al.** Tehnologija prokatnogo proizvodstva [Rolling production technology]. – Almaty : TETAPRINT, 2007. – 334 p.

9 **Vavilkin, N. M.** Proshivnaia opravka [Sewing mandrel]. *Vavilkin N.M., Buhmirov V.V.* – M. : MISiS, 2000. – 128 P.

10 **Serjanov, R. I., Bogomolov, A. V.** Formirovanie prokatnogo proizvodstva v Pavlodare: problemy i perspektivy [Formation of rolling production in Pavlodar: problems and prospects]. – 2005. P. 128–135.

11 **Bakanov, A. A., Miroshnik, A. I., Pimonov, M. V., Ababkov, N.V.** Analiz naprajennno-deformirovannogo sostoiania listov v prosese rulonirovaniia [Analysis of the stress-strain state of sheets in the process of rolling]. *Materialy XI Mejdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferensii «Innovatsii v mashinostroenii»*. – Biisk, 2020. – P. 207–213.

12 **Lyashkov, A. A.** Geometricheskoe i komputernoie modelirovanie formoobrazovaniia poverhnosti detalei [Geometric and computer modeling of forming surfaces of parts]. *Omskii gosudarstvennyi tehnikeskii universitet*. – Omsk, 2013. – 92 p.

13 **Levin, V. A.** Teoria mnogokratnogo nalozhenia bolshih deformatsii i ee promyshlennaia realizatsia v polnofunksionalnoi SAE dly prochnostnogo injenernogo analiza [Theory of multiple superposition of large deformations and its industrial implementation in a fully functional SAE for strength engineering analysis] *Izvestia Tluskogo gosudarstvennogo universiteta. Estestvennye nauki*. – 2013. – № 2–2. – P. 156–178.

Материал баспаға түсті 17.12.21

***А. Ж. Касенов¹, М. Ж. Тусунбекова², Р. Б. Муканов³, Д. Р. Абсолямова⁴, А. У. Камаров⁵**

^{1,2,3,4,5}Торайгыров университет,

Республика Казахстан, г. Павлодар.

Материал поступил в редакцию 17.12.21.

АНАЛИЗ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ВОДООХЛАЖДАЕМЫХ ОПРАВОК РАЗЛИЧНОЙ КОНСТРУКЦИИ

Рассматривается анализ двух существующих конструкций водоохлаждаемых оправок с целью уменьшения износа конструкции. Разработана компьютерная модель и выполнен температурный анализ с использованием системы автоматизированного проектирования КОМПАС-3D. На основании опыта применения программ САЕ в составе комплексов САД/САЕ/САМ и позиционировать САЕ-системы как современный инструмент для выполнения вычислительных экспериментов при решении различных исследовательских и проектных задач в машиностроении, в частности применение прикладной библиотеки APM FEM.

Процесс прошивки является одним из основных процессов в производстве бесшовных труб, а оправка, используемая в работе прошивки на горизонтально-винтовых прокатных станках, оказывает существенное влияние на качество получаемой гильзы. Проблема стабильности оправок, характерная для всех прошивных станов. Выход из строя прошивных станов обусловлено агрессивными условиями их работы при прошивке (нахождение в очаге деформации под воздействием высоких температур), а процесс производства бесшовных труб из легированной стали значительно ухудшает условия проката.

Представлен анализ производства оправок методом 3D моделирования в программе КОМПАС-3D с проектированием конструкции оправки.

После анализа методом 3D-моделирования прошивки, применяемой в производстве была разработана конструкция оправки, позволяющая увеличить срок ее эксплуатации.

Ключевые слова: КОМПАС-3D, твердотельное моделирование, поперечно-винтовая прокатка, прошивной стан, водоохлаждаемая оправка, прошивник, вал, калибровка, заготовка.

A. Zh. Kassenov¹, *M. Zh. Tussupbekova², R. B. Mukanov³, D. R. Absolyamova⁴, A. U. Kamarov⁵

^{1,2,3,4,5}Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Material received on 17.12.21.

ANALYSIS OF SOLID-STATE COMPUTER MODELING OF WATER-COOLED INTERNAL TOOLS OF VARIOUS DESIGNS

The analysis of two existing designs of water-cooled mandrels is considered in order to reduce the wear of the structure. A computer model was developed and a temperature analysis was performed using the COMPAS-3D computer-aided design system. Based on the experience of using SAE programs as part of CAD/CAE/CAM complexes and positioning CAE systems as a modern tool for performing computational experiments in solving various research and design tasks in mechanical engineering, in particular the use of the APM FEM application library.

The stitching process is one of the main processes in the production of seamless pipes, and the mandrel used in the work of the stitching on horizontal screw rolling machines has a significant impact on the quality of the resulting sleeve. The problem of mandrel stability, characteristic of all sewing mills. The failure of the sewing mills is caused by the aggressive conditions of their work during stitching (being in the deformation center under the influence of high temperatures), and the production process of seamless alloy steel pipes significantly worsens the rolling conditions.

The analysis of mandrels in production by 3D modeling in the COMPAS-3D program with the design of the mandrel structure is presented.

After analyzing the punching tool used in production by 3D modeling, the design of the punching tool was designed, which allows you to increase the service life.

Keywords: COMPAS-3D, solid-state modeling, cross-screw rolling, sewing mill, water-cooled mandrel, sewing machine, shaft, calibration, workpiece.

SRSTI 53.49.05

<https://doi.org/10.48081/XJWH4503>

*T. A. Ryspaev

Hochschule Anhalt, Deutschland, Köthen

HERSTELLUNG VON NANOSTRUKTURIERTEN MAGNESIUMLEGIERUNGEN DURCH ECAP-PROZESS

Um die nanostrukturierte Magnesiumlegierungen zu entwickeln wurde der ECAP-Prozess gewählt, der zurzeit intensiv erforscht wird. Das Potential dieses Umformverfahrens wurde anhand der zwei Magnesiumlegierungen AZ91 und AE42 demonstriert. So wurden nach 8 ECAP-Durchgängen eine mittlere Korngröße von 2 μm und 0,45 μm jeweils in AE42 und AZ91 erzielt. Dieser Unterschied zwischen den Korngrößen in AE42 und AZ91 bestätigt noch einmal den Einfluss der Ausscheidungen auf die Korngröße, da der Aluminiumgehalt in AZ91 etwa zweimal höher ist als in AE42, was auch fast die Hälfte der Ausscheidungen Mg₁₇Al₁₂ in AE42 bedeutet.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die ECAP-Verformung der industriellen Magnesiumlegierungen AZ91 und AE42 zur Ausbildung einer feinkörnigen Mikrostruktur führt. Deutlich ist zu sehen, dass die mittlere Korngröße der Legierung AZ91 nach jedem verwendeten ECAP-Durchgang kleiner ist als der Legierung AE42. Diese Untersuchungen bestätigen, wie auch die Ergebnisse der Strangpressen und Rundkneten dieser beiden Legierungen, dass neben den Effekten der Kornfeinung beim ECAP-Prozess auch das Vorhandensein der Ausscheidungen der zweiten Phasen einen großen Einfluss auf die Kornstruktur- bzw. Korngröße hat. Da der Aluminiumgehalt in Legierung AE42 etwa halb so groß ist wie in AZ91, was etwa die Hälfte der Ausscheidungen der Mg₁₇Al₁₂ in AE42 bedeutet, ist die ultrafeinkörnige Mikrostruktur in AZ91 durch die bei gleichen Überalterungs- und Strangpressentemperaturen von 300 °C ausgeschiedenen Partikeln der β -Phase zu verdanken.

Schlüsselwörter: ECAP-Prozess, Magnesiumlegierungen, Struktur, Aluminiumgehalt, Metall.

Einführung

Eine Möglichkeit zur Kornfeinung des massiven Werkstoffs besteht darin, dass das Material so hoch verformt wird und somit im Material viele Versetzungen induziert werden können. Dabeikommt es zu einer Versetzungsumordnung, wodurch Subkörner- und Körner im Gefüge entstehen. Um das Material intensiv zu verformen, wurden in den letzten Jahren zahlreiche Methoden von SPD-Verfahren (Severe Plastic Deformation) entwickelt. Das bekannteste und wichtigste von diesen Verfahren ist das sogenannte Equal Channel Angular Pressing (ECAP), welches man wohl als Gleichkanalwinkelpressen bezeichnen kann [1]. Obwohl durch ECAP-Prozess in

vielen Metallen ein sehr feinkörniges Gefüge erzielt wurde, wurde dies bis jetzt ohne Berücksichtigung der Ausscheidungen der zweiten Phasen durchgeführt. Die ersten Arbeiten auf dem Gebiet des SPD-Verfahrens kommen aus den fünfziger Jahren und basieren auf der klassischen Arbeit von Bridjman [2]. Dabei wurden scheibenförmige Proben gestaucht und gleichzeitig auf Torsion belastet. Weitere Prozesse zur hochgradigen plastischen Umformung wurden im Laufe der Jahre entwickelt. Einer von meist verwendeten davon ist Equal Channel Angular Pressing (ECAP) [1–4]. Dabei wird das Werkstück durch einen gewinkelten Kanal gedrückt (Abbildung 1). Dadurch wird in der Schnittebene der beiden

Kanalhälften auf das Werkstück eine starke Scherverformung ausgeübt.

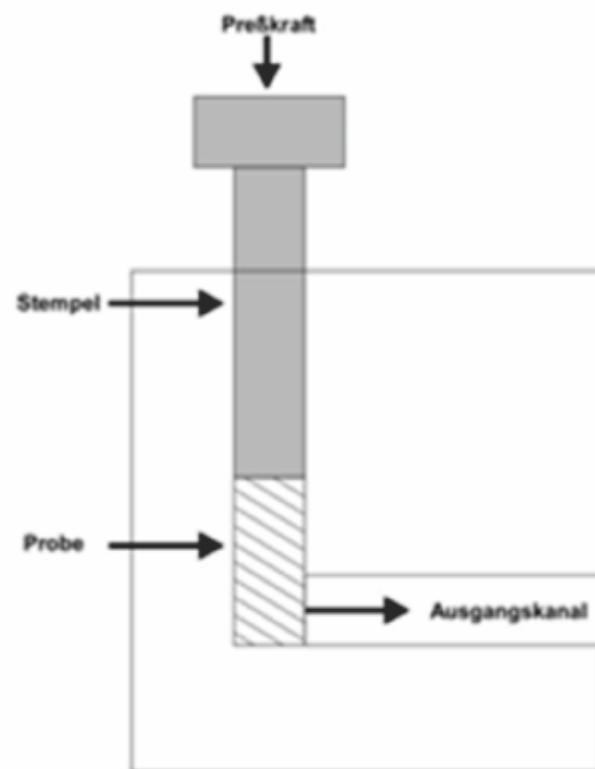


Abbildung 1 – Prinzip des ECAP Prozesses

Die Umformung eines Werkstücks kann im Falle von ECAP mehrfach wiederholt werden, da es nach dem Verlassen der Pressmatrize den gleichen Querschnitt aufweist. So kann eine extrem hohe Verformung in das Material eingebracht werden. Da die Probe zwischen den einzelnen Pressdurchgängen immer wieder neu in die Matrize eingeführt wird, ist es möglich, diese zwischen den Durchgängen zu drehen. Die vier üblichen ECAP-Prozessrouten sind die Routen A, BA, BC und C, die in Abb. 2 dargestellt sind.

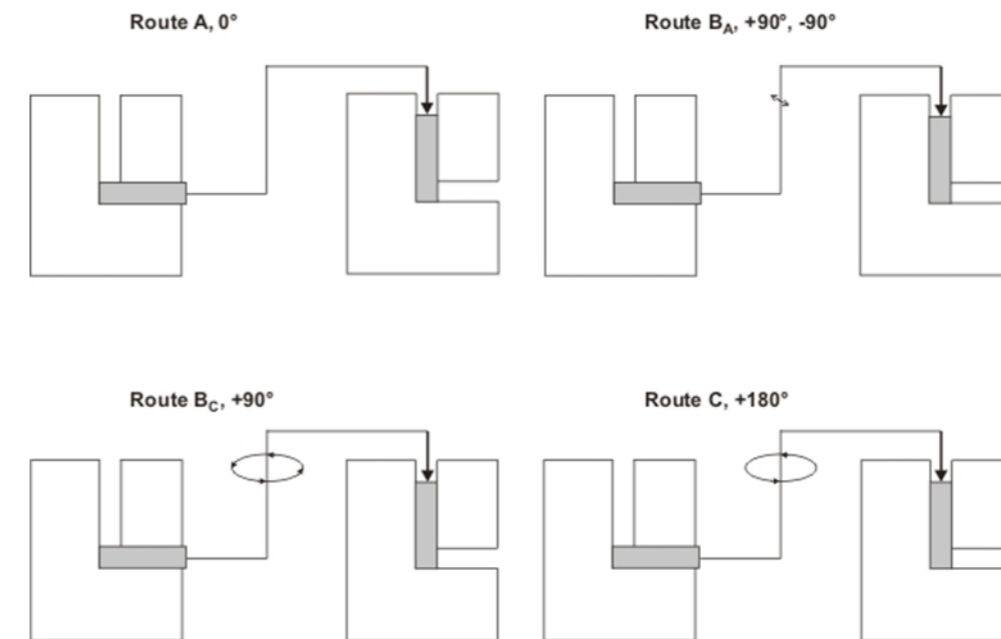


Abbildung 2 – Schematische Darstellung der vier üblichen ECAP-Prozessrouten A, BA, BC und C

Die Prozessroute A beinhaltet keine Drehung zwischen zwei aufeinanderfolgenden ECAP- Durchgängen. Bei der Route B wird die Probe um 90° um seine Längsachse gedreht, wobei bei der Route BA nach jedem Durchgang umgekehrt und bei Route BC konstant gehalten. Und bei der letzten Route C wird die Probe nach jedem Durchgang durch die Pressmatrize um 180° um ihre Längsachse gedreht.

Die Kornfeinung durch das ECAP-Verfahren lässt sich über die Evolution der Versetzungsdichte und die damit verbundenen Umorientierungen der einzelnen Versetzungen erklären. Es gibt allerdings bis heute keine plausiblen Hypothesen, die mechanischen und mikrostrukturellen Vorgänge der hochgradigen Verformung umfassend erklären können.

Material and experimental procedure

Der ECAP-Prozess wurde in der Abteilung für Metallphysik der Karlsuniversität in Prag durchgeführt. Für die ECAP-Versuche wurden sowohl gegossene als auch stranggepresste Materialien verwendet. Die ECAP-Versuchseinrichtung besteht aus einer zweiteiligen Pressmatrize, die einen winkligen Kanal enthält, durch den die Proben hindurch gepresst werden. Dieser Vorgang erfolgt mit Hilfe eines Pressstempels, der frei von seitlichem Spiel an den Eingangskanal angepasst ist. Die beiden Teile der Form werden über die vorgesehene Gewindebohrung mit Hilfe von Imbusschrauben fest miteinander verbunden und die Form wird somit verschlossen. Eine zu pressende Probe wird in den Eingangskanal eingebracht und das anschließende Pressen der Probe in den Ausgangskanal erfolgt durch das Niederdrücken des Stempels in einer geeigneten Prüfmaschine.

Hochgradige plastische Umformungen der Magnesiumlegierungen AZ91, AE42, QE22 und ZRE1 wurden in einer Matrize bei einer Temperatur von 220 °C durchgeführt.

Dabei wurde festgestellt, dass die Prozesstemperatur 220 °C für die hochfesten Legierungen QE22 und ZRE1 zu niedrig ist und daher wurden diese beiden Legierungen für den ECAP-Prozess nicht mehr betrachtet. Dagegen lassen sich die Legierungen AZ91 und AE42 bei dieser Temperatur ekapieren. Dadurch entsteht ein feinkörniges Gefüge in diesen Legierungen.

Abbildung 3 zeigt eine lichtmikroskopische Aufnahme der Legierung AE42 mit zwei unterschiedlichen Ausgangszuständen nach zwei ECAP-Durchgängen. Es handelt sich bei den untersuchten Bereichen der beiden Proben um einen Schnitt senkrecht zur Pressrichtung. Wie beim Strangpressen und Rundkneten spielt der Ausgangszustand des Materials eine große Rolle bei der Kornfeinung.

Die Kornstruktur im Material, welches von ohne Vorwärmebehandlung verformten Stäben ekapiert wurde, ist in Abb. 3a zu sehen. Dabei ist eine inhomogene Verteilung der Körner zu erkennen. Im Gefüge befinden sich neben sehr feinen Körnern (1-2 μm) auch viele große Körner (10- 20 μm). Der Einfluss der Wärmebehandlung auf das Vormaterial für den ECAP-Prozess. geht deutlich aus der Abbildung 3b vor. Im Vergleich zur Abb. 3a enthalten viele Bereiche feine Körner und die Homogenität der Kornstruktur nimmt zu.

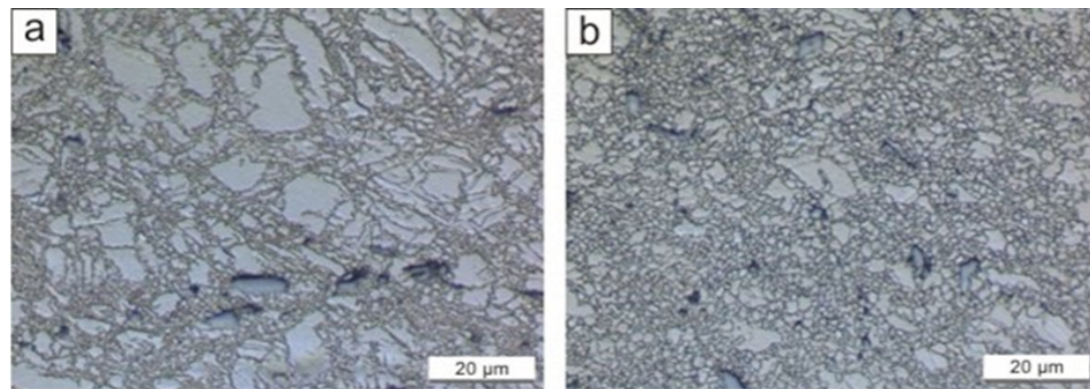


Abbildung 3 – Lichtmikroskopische Aufnahmen der Legierung AE42 nach zwei ECAP- Durchgängen (Route BC) mit zwei Ausgangszuständen: a) gegossen, b) wärmebehandelt

Um den Einfluss der ECAP-Durchgangszahl auf die Kornfeinung in den Legierungen AE42 und AZ91 zu bestimmen, wurden 2, 4 und 8 ECAP-Durchgänge verwendet. Bei diesen Untersuchungen wurde festgestellt, dass die Kornfeinung durch den ECAP-Prozess in Legierung AZ91 signifikanter ist als in AE42 (Abbildung 4). Nach zwei Durchgängen ist in beiden Legierungen das Gefüge inhomogen; neben den durch eine starke Scherverformung entstandenen kleinen Körnern sind noch einige grobkörnige Bereiche zu sehen. Diese Inhomogenität der Kornstruktur nimmt mit der Anzahl der ECAP-Durchgänge ab und nach acht Durchgängen mit einer mittleren Korngröße von 2 μm in AE42 und 0,45 μm in AZ91 ist das Gefüge homogen.

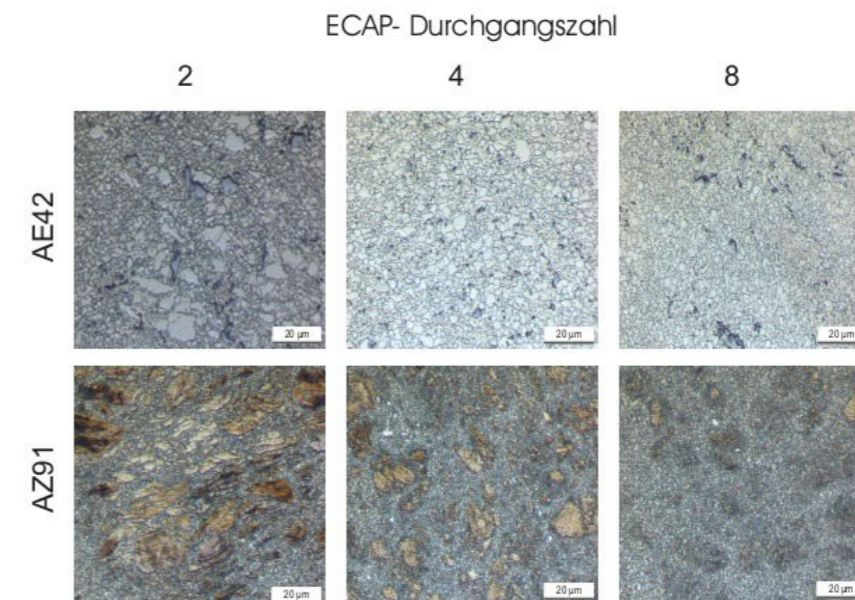


Abbildung 4 – Lichtmikroskopische Aufnahmen der Legierungen AE42 und AZ91 nach 2, 4 und 8 ECAP-Durchgängen (Route BC)

Abbildung 5 zeigt die Abhängigkeit der mittleren Korngröße in Legierungen AE42 und AZ91 von der ECAP-Durchgangszahl. Mit der Vergrößerung der ECAP-Durchgangszahl hat sich die mittlere Korngröße in beiden Legierungen reduziert. Nach 8 Durchgängen wiesen die Legierungen AE42 und AZ91 jeweils eine mittlere Korngröße 2 und 0,45 μm auf.

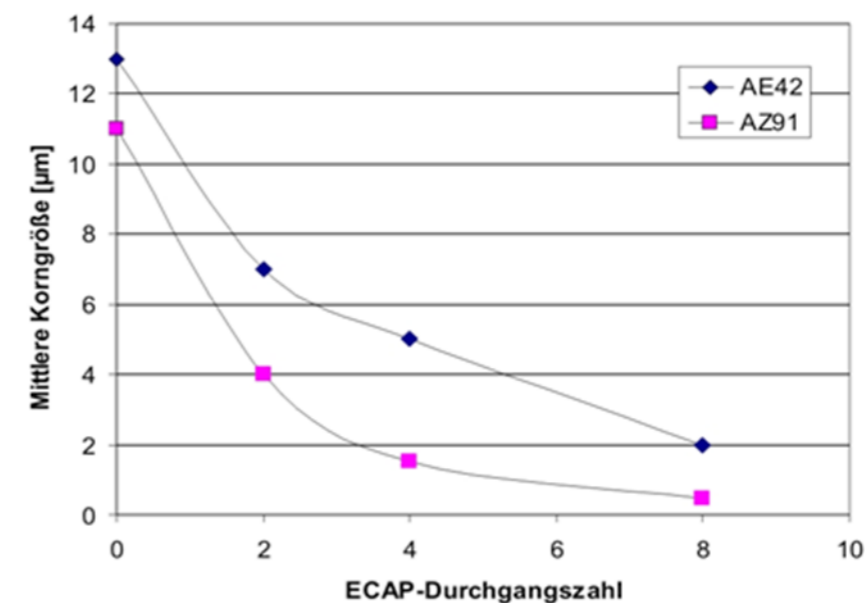


Abbildung 5 – Einfluss der ECAP-Durchgänge auf die mittlere Korngröße in Legierungen AE42 und AZ91

Die Härte im stranggepressten Ausgangszustand betrug für AE42 etwa 56 HV und 72 HV für AZ91. Die Vickers-Härte der beiden Legierungen AE42 und AZ91 nahm mit steigender ECAP- Verformung zu. Nach 8 ECAP-Durchgängen hat die Härte deutlich zugenommen auf etwa 32 HV für AE42 und auf 43 HV für AZ91, die Härte lag dabei bei 88 HV für AE42 und 109 HV für AZ91 (Abbildung 6).

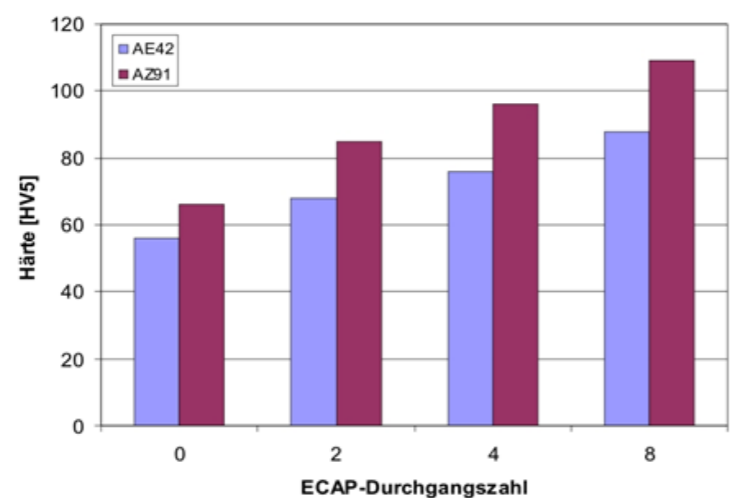


Abbildung 6 – Abhängigkeit der Härte (HV5) der Legierungen AE42 und AZ91 von ECAP- Durchgängen

Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die ECAP-Verformung der industriellen Magnesiumlegierungen AZ91 und AE42 zur Ausbildung einer feinkörnigen Mikrostruktur führt. Deutlich ist zu sehen, dass die mittlere Korngröße der Legierung AZ91 nach jedem verwendeten ECAP-Durchgang kleiner ist als der Legierung AE42. Diese Untersuchungen bestätigen, wie auch die Ergebnisse der Strangpressen und Rundkneten dieser beiden Legierungen, dass neben den Effekten der Kornfeinung beim ECAP-Prozess auch das Vorhandensein der Ausscheidungen der zweiten Phasen einen großen Einfluss auf die Kornstruktur- bzw. Korngröße hat. Da der Aluminiumgehalt in Legierung AE42 etwa halb so groß ist wie in AZ91, was etwa die Hälfte der Ausscheidungen der Mg₁₇Al₁₂ in AE42 bedeutet, ist die ultrafeinkörnige Mikrostruktur in AZ91 durch die bei gleichen Überalterungs- und Strangpressentemperaturen von 300 °C ausgeschiedenen Partikeln der β-Phase zu verdanken [5–9].

Die Rolle der durch die Überalterung erzielten Ausscheidungen zur Kornfeinung beim ECAP-Prozess wird deutlicher beim Vergleich der Korngrößen in AZ91 in dieser Arbeit mit den Literaturangaben. In [10] wurde die Legierung AZ91 nur einer Homogenisierungsglühung bei einer Temperatur von 413 °C, 18 h unterzogen und wurde weiter ohne Überalterung ekapiert. Nach acht Durchgängen betrug die mittlere Korngröße 1,2 μm, welche etwa zweimal größer ist als in Abbildung 4.

LITERATUR

- 1 V. M. Segal, V. I. Reznikov, A. E. Drobyshevsky, V. I. Kopylov «Plastic working of metals by simple shear». – Russian Metall (Metally) 1. –1981. – P. 99–105.
- 2 P. W. Bridjman «Studies in Large Plastic Flow and Fracture». – McGraw-Hill : New York – 1952.
- 3 R. J. Helmig «Hochgradige plastische Umformung durch Equal Channel Angular Pressing (ECAP)». – Habilitationsschrift, TU Clausthal. – 2008.
- 4 R. Z. Valiev, R. K. Islamgaliev, I.V. Alexandrov «Bulk nanostructured materials from severe plastic deformation». – Prog. Mater. Sci. 45 – 2000.– P. 103–189.
- 5 Talant Ryspaev, Miloš Janeček, Robert Král, Lothar Wagner «Processing, Superplastic Properties and Friction Stir Welding of Fine-Grained AZ31, AZ91, AE42 and QE22 «Magnesium Alloys». – Materials Science Forum. – January, 2016. – P. 220–224; P. 838–839. – DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.838-839.220.
- 6 Talant Ryspaev, Miloš Janeček, Peter Minárik, Volker Wesling «Grain Renement after Various Thermo-Mechanical Treatments in AZ80 and ZK60 Magnesium Alloys» – Acta Physica Polonica Series a 122(3). September 2012. – DOI:10.12693/APhysPolA.122.622.
- 7 Talant Ryspaev, Z. Trojanova, Oksana Padalka, Volker Wesling «Microstructure of superplastic QE22 and EZ33 magnesium alloys». Materials Letters. – 62(24). – September 2008. – P. 4041–4043. – DOI: 10.1016/j.matlet.2008.05.063.
- 8 Volker Wesling, Talant Ryspaev, A. Schram. «Effect of overageing temperature on the superplastic behaviour in magnesium alloys». – Materials Science and Engineering A 462(1). – July 2007. – P. 144–148. – DOI: 10.1016/j.msea.2006.03.152.
- 9 Z. Száráz, Z. Trojanova, Talant Ryspaev, Volker Wesling «Superplasticity of an AZ91 Magnesium Alloy». – January, 2008. – Materials Science Forum P 567-568:365–368. – DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.567-568.365.
- 10 K. Mathis, J. Gubicza, N.H. Nam Journal of Alloys and Compounds . – 395 (2005). – 194 p.

Material received on 17.12.21

*Т. А. Рыспаев

Университет прикладных наук Анхальта,
Германия, г. Кётен
Материал поступил в редакцию 17.12.21.

ПРОИЗВОДСТВО НАНОСТРУКТУРНЫХ МАГНИЕВЫХ СПЛАВОВ ПО РКУП-ПРОЦЕССУ

Интенсивно изучаемый в настоящее время процесс РКУП был выбран для создания наноструктурированных магниевых сплавов. Потенциал данного процесса формования был продемонстрирован двумя сплавами магния AZ91 и AE42. После 8 проходов РКУП в AE42 и AZ91 был достигнут средний размер

зерна 2 мкм и 0,45 мкм соответственно. Эта разница между размерами гранул АЕ42 и АЗ91 еще раз подтверждает влияние выпадения в осадок на размер частиц, поскольку содержание алюминия в АЗ91 примерно в два раза выше, чем в АЕ42, что также составляет около половины выпадений Mg17Al12 в АЕ42.

Таким образом, РКУП-деформация промышленных магниевых сплавов АЗ91 и АЕ42 приводит к формированию мелкозернистой микроструктуры. Хорошо видно, что средний размер зерна сплава АЗ91 меньше, чем у сплава АЕ42 после каждого использованного прохода РКУП. Эти исследования, а также результаты экструзии и ротационной штамповки этих двух сплавов, подтверждают что, помимо эффектов измельчения зерна в процессе РКУП, наличие выделений вторых фаз также оказывает большое влияние на структуру зерна и размер зерна. Поскольку содержание алюминия в сплаве АЕ42 примерно вдвое меньше, чем в АЗ91, что составляет примерно половину выделений Mg17Al12 в АЕ42, ультрамелкозернистая микроструктура в АЗ91 усилена частицами β-фазы, выделенными при тех же температурах перестаривания и экструзии 300 °С.

Ключевые слова: процесс РКУП, магниевые сплавы, структура, состав алюминия, металл.

Т. А. Рыспаев

Анхальт қолданбалы ғылымдар университеті,
Германия, Котен қ.
Материал баспаға 17.12.21 түсті.

РКУП-ПРОЦЕСС БОЙЫНША НАНОҚҰРЫЛЫМДЫ МАГНИЙ ҚОРЫТПАЛАРЫН ӨНДІРУ

Қазіргі уақытта қарқынды зерттелген РКУП процесі нанокұрылымды магний қорытпаларын жасау үшін таңдалды. Бұл қалыптау процесінің потенциалы магнийдің екі АЗ91 және АЕ42 қорытпаларымен көрсетілді. АЕ42 және АЗ91-де 8 РКУП өткеннен кейін астықтың орташа мөлшері сәйкесінше 2 мкм және 0,45 мкм-ге жетті. АЕ42 және АЗ91 түйіршіктерінің өлшемдері арасындағы бұл айырмашылық жасау-шашынның бөліктердің мөлшеріне әсерін тағы бір рет растайды, өйткені АЗ91 алюминий мөлшері АЕ42-ге қарағанда екі есе жоғары, бұл АЕ42-де Mg17Al12 түсуінің жартысына жуығын құрайды.

Осылайша, РКУП АЗ91 және АЕ42 өнеркәсіптік магний қорытпаларының деформациясы ұсақ түйіршікті микроқұрылымның пайда болуына әкеледі. АЗ91 қорытпа дәнінің орташа мөлшері әрбір пайдаланылған РКУП өткеннен кейін АЕ42 қорытпасынан аз екендігі айқын көрінеді. Бұл зерттеулер осы екі қорытпаны экструзиялау және айналмалы штамптау нәтижелерін растайды, бұл РКУП процесінде астықты ұсақтау әсерінен басқа, екінші фазалық разрядтардың болуы да астыққұрылымы мен астық мөлшеріне үлкен әсер етеді. АЕ42 қорытпасындағы алюминий мөлшері АЗ91-ге қарағанда шамамен жартысына тең болғандықтан, АЕ42-де Mg17Al12 шығарындыларының жартысына жуығы болғандықтан, АЗ91-дегі ультра-түйіршікті микроқұрылым бірдей температурада және 300 °С экструзияда шығарылған β-фазалық бөліктермен күшейтіледі.

Кілтті сөздер: РКУП процесі, магний қорытпалары, құрылымы, алюминий құрамы, металл.

МРНТИ 53.31.21

<https://doi.org/10.48081/TBDU1444>

**Р. Т. Төлеуқадыр¹, *С. Т. Габдуллин²,
Е. Ж. Шабанов³, А. С. Байсанов⁴, Н. А. Сәлімгерей⁵**

Химико-металлургический институт имени
Ж. Абишева, Республика Казахстан, г. Караганда

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫПЛАВКИ ФЕРРОСИЛИКОМАРГАНЦА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «TERRA»

В Республике Казахстан актуальным вопросом является развитие технологических процессов производства ферросплавов из местного сырья (руд и восстановителей).

В статье приведено термодинамическое моделирование карботермического процесса выплавки ферросиликомарганца с использованием программного комплекса «TERRA».

В основе программного комплекса «TERRA» использован метод полного термодинамического моделирования (ПТМ) металлургических процессов, который для анализа углетермического взаимодействия дополнен термодинамически-диаграммным методом построения концентрационных треугольников Гиббса.

Для термодинамических расчетов выплавки ферросиликомарганца был также использован метод полного термодинамического моделирования металлургических процессов (ПТМ) в программном комплексе «TERRA», основанный на принципе максимума энтропии и учитывающий все известные свойства реагирующих компонентов, составляющих термодинамическую систему.

В результате исследований были установлены основные конденсированные и газовые фазы (C, Fe₃C, Mn, Mn₃Si₃, Mn₇C₃, Fe₃Si, FeSi, MnO, Mn₂SiO₄, Mg₂SiO₄, MgAl₂O₄, Ca₃Si₂O₇, Ca₃Al₂O₆, Ca₃P₂O₈, MgO). С помощью комплексной программы «TERRA» были установлены зависимости составов конденсированных металлических и шлаковых фаз от температуры процесса, нами были изучены образование, переход и удаление различных фаз.

Проведенные исследования могут быть использованы для определения температуры плавления металла и восстановления при выплавке различных марок ферросплавов.

Ключевые слова: ферросиликомарганец, конденсированные фазы и газовые фазы, термодинамический анализ, термодинамическое моделирование.

Введение

Технология выплавки ферросиликомарганца является рациональным способом переработки бедных марганцевых руд Казахстана. Она исключает обогащение руд, что дает возможность ускорить организацию производства марганцевых сплавов. Ферросиликомарганец – комплексный раскислитель, широко используемый при выплавке стали в кислородных конверторах, электрических печах.

Материалы и методы

Для выплавки ферросиликомарганца используются различные виды восстановителей в частности – кокс, различные виды полукокса и низкосольные марки угля. Основными требованиями к восстановителям является их низкая зольность, высокая пористость и реакционная способность, а также высокая структурная прочность. По содержанию золы восстановители должны содержать низкое количество вредных примесей (сера, фосфор) и иметь благоприятный состав основных составляющих компонентов золы. Производимый в настоящее время ферросиликомарганец в условиях Аксуского завода ферросплавов (ТНК «Казхром», г. Аксу), ТОО «ТЭМК» (г. Темиртау) и ТОО «SAT Energy» (г. Тараз) выплавляется с использованием металлургического кокса фракции 10-25 мм и добавок каменного угля экибастузкого и карагандинского угольных бассейнов. Частичная замена кокса углем способствует существенному снижению себестоимости получаемого сплава. Максимальное количество добавок угля взамен кокса составляет не более 50 % по углероду. Превышение этого количества резко ухудшает технологический процесс выплавки ферросиликомарганца. Это связано с низкой пористостью угля и его адсорбционной способностью. Использование в виде добавки каменные угли содержит до 45 % золы и до 20 % летучих компонентов на сухую массу. Зольная часть этих углей представлена в основном соединениями кремния и алюминия, являющимися тугоплавкими соединениями и позволяющими выплавлять сплав с гарантированным содержанием кремния. Повышенное содержание оксида алюминия в составе золы играет положительную роль при выплавке, обеспечивая некоторое повышение температуры плавления шлага при оптимальных вязко-текучих характеристиках [1–3].

Технический анализ восстановителей и химические составы шихтовых материалов представлены в таблице 1. В соответствии с требованием смесь шихтовых материалов была рассчитана на 100% всех компонентов, соединений и элементов.

Таблица 1 – Технический анализ восстановителей и химические составы шихтовых материалов

Материал	Содержание, %									
	A ^c	V ^c	W	C						
Уголь	38,1	25,0	1,7	36,9						
Кокс	13,76	2,34	0,5	83,9						
Материал	Химический состав, %									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	TiO ₂			
Зола угля	63,3	31,36	3,1	0,8	0,1	0,089	0,9			
Зола кокса	56,00	18,00	14,03	6,00	3,50	0,50	0,08			
Материал	Содержание, %									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	ППП			
Доломит	1,73	1,38	0,60	30,88	19,52	0,07	45,10			
Кварцит	96,57	0,80	0,70	0,40	0,40	0,02	-			
Материал	Содержание, %									
	Mn ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	S	ППП	W
Марганец	69,65	5,69	7,66	3,39	2,41	0,20	0,01	0,09	10,62	1,00

Расчет термодинамического равновесия произвольных многокомпонентных систем заключается в определении всех равновесных параметров, термодинамических свойств, а также химического и фазового состава. При достаточно высокой температуре, когда любые изменения состояния сопровождаются фазовыми, полиморфными и химическими превращениями, эта задача неизмеримо более сложна, чем в постановке классической термодинамики. Однако благодаря тому, что фундаментальные термодинамические законы остаются справедливыми для любых систем, их правильное применение позволяет решить задачу расчета термодинамического равновесия в общем случае. Рассмотрение в рамках единого подхода существенно различающихся процессов и состояний возможно только при известной формализации модельного описания изучаемых объектов. Любая рассматриваемая термодинамическая система будет характеризоваться относительным и абсолютным содержанием в ней химических элементов (моль/кг). По условию оно остается неизменным при установлении равновесия от произвольного состояния и является достаточным для описания системы, как материального объекта [4–6].

Для анализа углетермического взаимодействия использован метод полного термодинамического моделирования (ПТМ) металлургических процессов, реализованный в компьютерной системе – ПК «TERRA» с дополнением его термодинамически-диаграммным методом построения концентрационных треугольников Гиббса [6–7]. Для термодинамических расчетов выплавки ферросиликомарганца был использован метод полного термодинамического моделирования металлургических процессов (ПТМ) в программном комплексе «TERRA», основанный на принципе максимума энтропии и учитывающий все известные свойства реагирующих компонентов, составляющих термодинамическую систему. Программный комплекс «TERRA» разработан в МГТУ им. Баумана и адаптирован для расчета равновесий в многокомпонентных металлургических системах Институтом металлургии УрО РАН. В соответствии с методикой расчетов в качестве равновесного признается состав, отвечающий условию максимума энтропии изолированной системы.

Равновесное состояние описывается составом системы (в молях, кг, мас. %, парциальных давлениях) и набором шести термодинамических параметров системы:

- 1) общим давлением P , атм;
- 2) температурой T , °С;
- 3) объемом V , м³;
- 4) полной внутренней энергией U , Дж;
- 5) полной энтальпией I , Дж;
- 6) энтропией S , Дж/К.

Все остальные характеристики рассчитываются по известным термодинамическим соотношениям. Исходными данными для расчета являются:

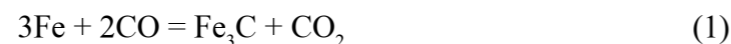
- исходный состав системы (при восстановлении руд – это состав шихты);
- два из шести перечисленных выше параметров, например, $P=1$ атм, $T=1873$ К;

- температурные зависимости полной энтальпии I и энтропии S индивидуальных веществ (эти сведения заложены в базу термодинамических данных комплекса «TERRA»). Полное термодинамическое моделирование (ПТМ) для выплавки ферросиликомарганца проведено в интервале температур 1200–2400 °C и при давлении P = 0,1 МПа.

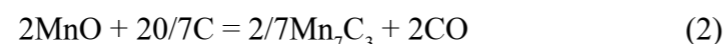
На основании проведенных расчетов построены два рисунка, показывающие степень зависимости составов конденсированных металлических и шлаковых фаз для выплавки ферросиликомарганца (рисунки 1,2) от температуры.

Анализ кривых, представленных на рисунке 1, показывает, что образование и некоторые изменения содержания состава конденсированных фаз при выплавке ферросиликомарганца происходят в температурном интервале 1200–2400°C. Содержание фаз C (рисунок 1) в интервале температур 1200–1300°C увеличивается с 8 % до 18,8 %, а затем имеет значение стабильное до температуры 1600°C и после чего с дальнейшим ростом температуры эта фаза исчезает, расходуясь на образование карбидов [8–9].

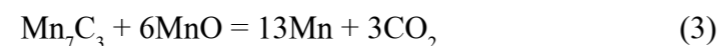
По реакции (1) по мере увеличения температуры, содержание карбида железа (k*Fe₃C) повышается, составляя при T = 1300 °C – 10,47.



Карбид марганца (k* Mn₇C₃), образующийся по реакции (2) появляется при температуре 1400°C, составляя 100 %, с дальнейшим ростом температуры он исчезает. Это объясняется интенсивностью процесса разложения углеродсодержащих фаз с повышением температуры.



За счет разложения карбида марганца по реакции (3) появляется восстановленный Mn (37,6 % при температуре 2400 °C), однако, при температуре 1700 °C его концентрация снижается до 16,67 %, что согласуется с высокой упругостью пара марганца и имеющим место улетом марганца в газовую фазу, особенно это заметно при лабораторных опытах. Параллельно с марганцем в конденсированную фазу переходит фаза Mn₅Si₃ со средним содержанием 6,36 %, которая также образуется при температуре 1600 °C и при 2100 °C доходит до 18,20 % [10].



Конденсированные фазы Fe₃Si, FeSi при интервале температур 2100–2300 °C увеличивает свое содержание до 37,13 % и 50,98 % соответственно.

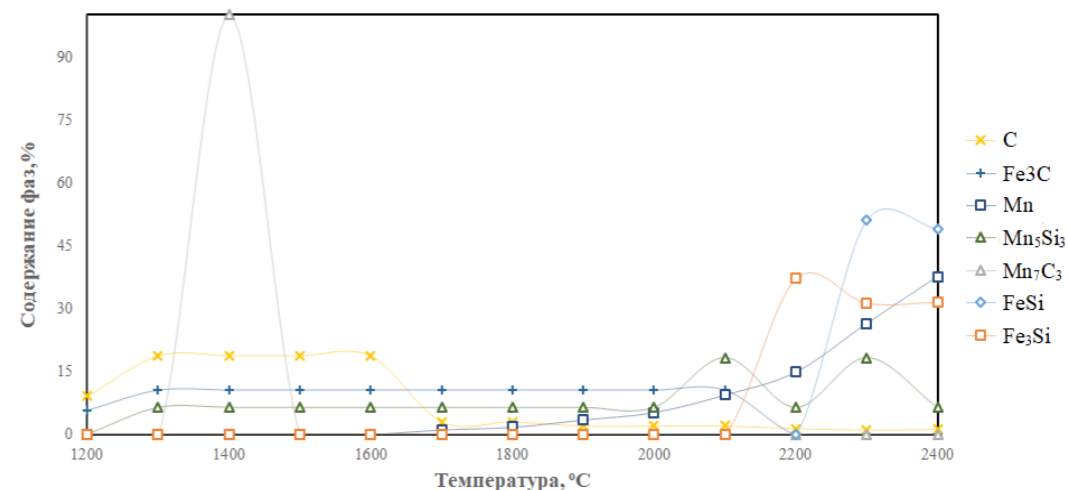


Рисунок 1 – Зависимость состава конденсированной металлической фазы от температуры

Анализ данных представленных на рисунке 2 также выявляет интересную картину образования и разложения следующих конденсированных фаз: MnO, Mn₂SiO₄, Mg₂SiO₄, MgAl₂O₄, Ca₃Si₂O₇, Ca₃Al₂O₆, Ca₃P₂O₈, и MgO.

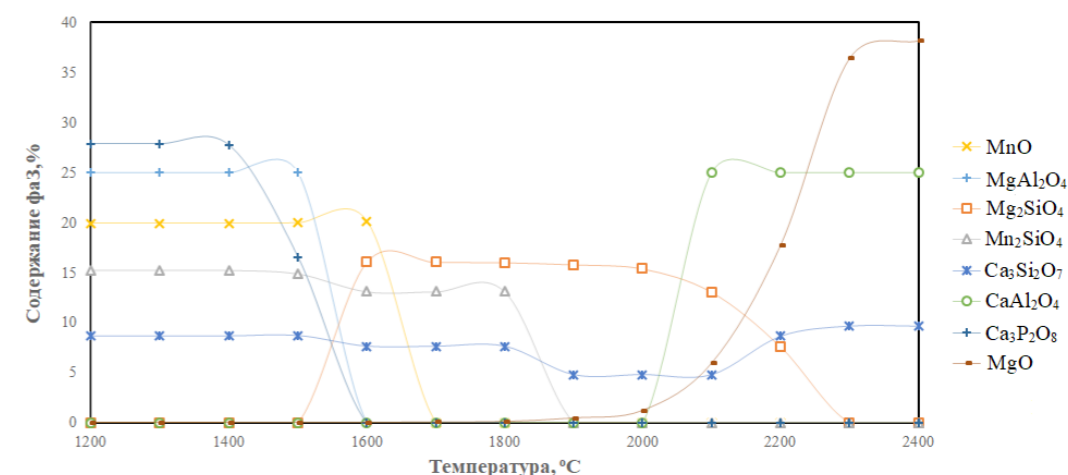


Рисунок 2 – Зависимость состава конденсированной шлаковой фазы от температуры

Результаты и обсуждение

Как видно, данные конденсированные фазы представляют собой промежуточные соединения, состоящие в основном из силикатов и алюминатов марганца, кальция и магния, т.е. эти фазы представляют собой основу образующегося шлака. Представленные фазы при изменении температуры в интервале температур 1200–2400 °C претерпевают качественные и количественные изменения:

- содержание оксида марганца (MnO) в интервале температур 1400–1500°C незначительно повышается с 27,86 % до 27,70 %, далее, при повышении температуры до 1600 °C,

- содержание данной фазы приближается к нулю;

- содержание силиката марганца (Mn_2SiO_4) стабильно растет при температурах 1600–1700° С с 13 до 13,11 %. Выше 1800 °C наблюдается резкое падение его содержания. При температуре 1900 °C данная фаза исчезает;

- концентрация алюмината магний ($MgAl_2O_4$) сохраняется на уровне 25 % в интервале температур 1400–1600 °C. Выше температур 1600 °C наблюдается снижение содержания этой фазы с ее исчезновением;

- фосфат кальция ($Ca_3P_2O_8$) существует только при температуре 1200–1400 °C и с повышением температуры исчезает;

- содержание силиката кальция ($Ca_3Si_2O_7$) при температурах 1200–1400 °C имеют стабильную форму с содержанием 8,7 %, затем до температуры 2100 °C постепенно уменьшается до 4,7 %; а потом опять увеличивает свое содержание до 9,7%.

- алюминат кальция ($Ca_3Al_2O_4$) появляется только при высоких температурах, начиная от 2000 °C с содержанием 25 %;

- оксид магния (MgO) образуется только при температуре 1800 °C, далее с ростом температуры он увеличивается с содержанием до 38,20 %.

- концентрация форстерита (Mg_2SiO_4) с температуры 1500 °C резко увеличивает свое содержание до 16,08 %, а затем постепенно уменьшается с увеличением температуры до 2100 °C с содержанием 13,06 % и с дальнейшим ростом температуры эта фаза исчезает.

Имеющиеся расхождения фазовому составу шлаковой фазы с расчетами, проведенными по балансовому методу связаны с учетом стабильности заданных соединений в зависимости от температуры.

Выводы

Таким образом, нами проведено термодинамическое моделирование карботермического процесса выплавки ферросиликомарганца с использованием программного комплекса «TERRA». Установлены зависимости составов конденсированных металлических и шлаковых фаз от температуры процесса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Толымбеков, М. Ж., Байсанов, С. О. Состояние и перспективы развития ферросплавного производства Казахстана // Сталь. – М., 2007. – № 8. – С. 45–68.

2 Толымбеков, М. Ж., Байсанов, С. О., Привалов, О. Е., Осипова, Л. В. Состояние ферросплавного производства Казахстана и перспективы его развития // Сталь. – 2008. – № 8. – С. 47–51.

3 Мальцев, В. С., Хомак, Л. П. Труды Химико-металлургического института АН КазССР. – Выпуск № 1. –1963. – С. 227.

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

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

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

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

8 Самуратов, Е. К., Байсанов, А. С., Толымбеков, М. Ж. Изучение электросопротивления окискованных обжигмагнитных марганцевых концентратов и шихт на их основе // Республ. науч. журнал «Технология производства металлов и вторичных материалов». – Темиртау : КГИУ, 2009. – № 2 (16). – С. 12–17.

9 Нурумғалиев, А. Х., Киекбаева, Е. Е. Исследование кинетики совместного восстановления железа, марганца и хрома из концентратов // Караганда : Труды Университета. – 2008. – №1. – С. 20–23

10 Акбердин, А. А. Балансовый метод расчета равновесного фазового состава многокомпонентных систем // КИМС. – 1995. – № 3. – С. 92–93.

REFERENCES

1 Tolymbekov, M. Zh., Baysanov, S. O. Sostoianie i perspektivy razvitiia ferrosplavnogo proizvodstva Kazakhstana [State and prospects for the development of ferroalloy production in Kazakhstan] // Stal. – M., 2007 – № 8. – P. 45–68.

2 Tolymbekov, M. Zh., Baysanov, S. O., Privalov, O. E., Osipova, L. V. Sostoianie ferrosplavnogo proizvodstva Kazakhstana i perspektivy ego razvitiia [The state of ferroalloy production in Kazakhstan and prospects for its development]. – Stal. – 2008. – № 8. – P. 47–51.

3 Maltsev, V. S., Khodak, L. P. Trudy Khimiko-metallurgicheskogo inctituta AN KazCCR [Proceedings of the Chemical and Metallurgical Institute of the Academy of Sciences of the KazSSR]. – Issue 1. – 1963. – P. 227.

4 Baysanov, S. O. Zakonomernosti fazovykh ravnovesii v metallurgicheskikh cistemakh i razrabotka na ikh ocnove effektivnykh tekhnologii vyplavki ferroplavov [The parity of phase equalities in metallurgical systems and the development on their basis of effective technologies for the production of ferroalloys] : Diss. na coick. uch. ct. dokt. tekhn. nauk. – Karagandy, 2002. – 295 p.

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

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

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

8 Samuratov, E. K., Baysanov, A. S., Tolymbekov, M. Zh. Izuchenie elektrosoprotivleniia okuskovannykh obzhigmagnitnykh margantsevykh kontsentratoiv i shikht na ikh osnove [Study of the electrical resistance of agglomerated fired manganese concentrates and mixtures based on them]. Respubl. nauch. zhurnal «Tekhnologiia proizvodstva metallov i vtovichnykh materialov». – Temirtau : KGIU, 2009. – № 2 (16). – P. 12–17.

9 Nurumgaliev, A. Kh., Kiekbaeva, E. E. Issledovanie kinetiki sovmejnogo vosstanovleniia zheleza, margantsa i khroma iz kontsentratoiv [Study of the kinetics of combined reduction of iron, manganese and chromium from concentrates]. – Karaganda : Trudy Universiteta. – 2008. – № 1. – P. 20–23.

10 Akberdin, A. A. Balansovyi metod rascheta ravnovesnogo fazovogo sostava mnogokomponentnykh sistem. KIMS. – 1995. – № 3. – P. 92–93.

Материал поступил в редакцию 17.12.21.

*P. T. Toleukadyr¹, *S. T. Gabdullin², E. Zh. Shabanov³, A. S. Baisanov⁴, N. A. Salimgerei⁵*

Ж. Абишева атындағы Химико-металлургиялық институт,
Қазақстан Республикасы, Қарағанды қ.
Материал баспаға 17.12.21 түсті.

«TERRA» БАҒДАРЛАМАЛЫҚ КЕШЕНІН ПАЙДАЛАНА ОТЫРЫП ФЕРРОСИЛИКОМАРГАНЕЦ БАЛҚЫТУ ҮРДСІН ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ МОДЕЛДЕУ

Қазақстан Республикасында өзекті мәселе жергілікті шикізаттан (кендер мен қалпына келтірушілерден) ферроқорытпалар өндірісінің технологиялық процестерін дамыту болып табылады.

Мақалада «TERRA» бағдарламалық кешенін қолдану арқылы ферросиликомарганецті балқытудың карботермиялық процесін термодинамикалық модельдеу келтірілген.

«TERRA» бағдарламалық кешенінің негізінде Металлургиялық процестерді толық термодинамикалық модельдеу (ТТМ) әдісі пайдаланылды, ол Углетермиялық өзара әрекеттесуді талдау үшін Гиббс концентрациялық үшбұрыштарын құрудың термодинамикалық-диаграммалық әдісімен толықтырылды.

Ферросиликомарганецті балқытудың термодинамикалық есептеулері үшін максималды энтропия принципіне негізделген және термодинамикалық жүйені құрайтын реактивті компоненттердің барлық белгілі қасиеттерін ескеретін «Терра» бағдарламалық кешеніндегі Металлургиялық процестерді (ТТМ) толық термодинамикалық модельдеу әдісі қолданылды.

Зерттеу нәтижесінде негізгі конденсирленген және газ фазалары (C, Fe₃C, Mn, Mn₃Si₃, Mn₇C₃, Fe₃Si, FeSi, MnO, Mn₂SiO₄, Mg₂SiO₄, MgAl₂O₄, Ca₃Si₂O₇, Ca₃Al₂O₆, Ca₃P₂O₈, MgO) орнатылды. «TERRA» кешенді бағдарламасының көмегімен конденсацияланған металл және қож фазалары құрамының процесс

температурасына тәуелділігі анықталды, біз әртүрлі фазалардың пайда болуы, ауысуы және жойылуы зерттелді.

Жүргізілген зерттеулер әртүрлі маркалары ферроқорытпаларды балқыту кезінде металдың балқу температурасын және тотықсыздануын анықтау үшін қоданылуы мүмкін.

Кілтті сөздер: ферросиликомарганец, конденсирленген фазалар және газды фазалар, термодинамикалық талдау, термодинамикалық модельдеу.

*R. T. Toleukadyr¹, *S. T. Gabdullin², Ye. Zh. Shabanov, A. S. Baisanov, N. A. Salimgerei*

Zh. Abishev Chemical and Metallurgical Institute,
Republic of Kazakhstan, Karaganda.
Material received on 17.12.21.

THERMODYNAMIC MODELING OF THE PROCESS OF SMELTING FERROSILICOMANGANESE USING THE SOFTWARE COMPLEX «TERRA»

In the Republic of Kazakhstan, an urgent issue is the development of technological processes for the production of ferroalloys from local raw materials (ores and restorers).

The article presents thermodynamic modeling of the carbothermic process of smelting ferrosilicomanganese using the software package «TERRA».

The TERRA software package is based on the method of complete thermodynamic modeling (PTM) of metallurgical processes, which is supplemented by the thermodynamic-diagram method of constructing Gibbs concentration triangles for the analysis of coal-thermal interaction.

For thermodynamic calculations of ferrosilicon manganese smelting, the method of complete thermodynamic modeling of metallurgical processes (PTM) in the TERRA software package was also used, based on the principle of maximum entropy and taking into account all known properties of the reacting components that make up the thermodynamic system.

As a result of the research, the basic conformational and gas phases (C, Fe₃C, Mn, Mn₃Si₃, Mn₇C₃, Fe₃Si, FeSi, MnO, Mn₂SiO₄, Mg₂SiO₄, MgAl₂O₄, Ca₃Si₂O₇, Ca₃Al₂O₆, Ca₃P₂O₈, MgO) were established. Using the complex program «TERRA», the dependencies of the compositions of the condensed metal and slag phases on the process temperature were established, we studied the formation, transition, and removal of various phases.

Our research can be used to determine the melting point of the metal and the reduction in the smelting of various grades of ferroalloys.

Keywords: ferrosilicon manganese, condensed phases and gas phases, thermodynamic analysis, thermodynamic modeling.

МРНТИ 73.29.21

<https://doi.org/10.48081/UUVN9278>

***О. Т. Балабаев¹, Б. Ш. Аскаров²,
А. В. Рожков³, Д. К. Саржанов⁴, К. К. Кенжекулов⁵**

^{1,2,3,5}Карагандинский технический университет,

Республика Казахстан, г. Караганда;

⁴Карагандинский экономический университет Казпотребсоюза,

Республика Казахстан, г. Караганда.

АНАЛИЗ РАБОТЫ СТАНЦИИ «ПРОМЫШЛЕННАЯ» ТОО «СТЕПНОГОРСК ТЕМІР ЖОЛЫ»

В статье представлены результаты научно-исследовательских работ, выполненных в области промышленного железнодорожного транспорта. Исследована работа станции «Промышленная» ТОО «Степногорск Темір Жолы», которая обслуживает около 80 % промышленных предприятий г. Степногорск. На предприятии для выполнения железнодорожных перевозок, формирования и расформирования поездов, подачи вагонов под грузовые операции на пути промышленных предприятий имеются четыре отдельных пункта. Проведен анализ основных показателей (вагонооборот, простой вагона под грузовыми операциями) работы станции «Промышленная». Анализ проведен с использованием научной методики по прогнозированию изменений основных показателей железнодорожных станций на перспективу. Прогноз осуществлен путем аппроксимации основных показателей в функции времени. Для каждого прогнозируемого показателя определены формулы аппроксимирующей функции.

На сегодняшний день для достижения оптимальных параметров работы грузовых фронтов и станций необходимо одновременное проведение согласованных мероприятий по всем сторонам, входящим в рассматриваемый транспортный комплекс.

По результатам расчета получены аппроксимирующие функции и графики изменений основных показателей работы станции «Промышленная» на перспективу. Рассмотрены основные мероприятия по совершенствованию работы станции «Промышленная» ТОО «Степногорск Темір Жолы».

Внедрение вышеуказанных мероприятий в ТОО «Степногорск Темір Жолы» позволит значительно повысить технико-экономические показатели работы железнодорожной станции «Промышленная».

Ключевые слова: промышленный транспорт, железнодорожный транспорт, управление движением поездов, вагонооборот, простой вагонов, аппроксимация, прогнозирование.

Введение

ТОО «Степногорск Темір Жолы» в силу социальной и транспортной значимости производимой работы, занимает особое место в экономической и транспортной системе Акмолинской области. ТОО «Степногорск Темір Жолы» обслуживает около 80 % промышленных предприятий г. Степногорск. В предприятии для выполнения железнодорожных перевозок, формирования и расформирования поездов, подачи вагонов под грузовые операции на пути промышленных предприятий имеются четыре отдельных пункта: станция «Степногорск»; разъезд «5 км»; станция «СПЗ-16»; станция «Промышленная». Станции ТОО «Степногорск Темір Жолы» примыкают к станции «Алтынтау» Павлодарского отделения перевозок АО «НК «Казакстан Темір Жолы». Предприятие оснащено тепловозами ТЭМ-2, ТЭМ-1, ТЭМ-15, электропоездами ЭР-22, путевыми машинами, местным парком вагонов. Станция «Степногорск» – станция «Промышленная» – остановочный пункт «Заводской» оборудован автоматической блокировкой. Перегон станций «Промышленная» – «Алтынтау» оборудован полуавтоматической блокировкой. Перегоны оборудованы контактной сетью постоянного тока 3,3 кВ. Все станции и отдельные пункты оборудованы электрической централизацией стрелок и сигналов, при этом устройствами электрической централизации станции «СПЗ-16» и разъезда «5 км» управляют с центрального поста станция «Степногорск» по системе «СКЦ» с возможностью передачи на местное управление. На участке имеется: диспетчерская, межстанционная, перегонная и радиосвязь со всеми отдельными пунктами, переездами, локомотивными и составительскими бригадами, другими подвижными единицами. Станция «Промышленная» оборудована парковой двухсторонней громкоговорящей связью, станция «Степногорск» – оповестительной громкоговорящей связью [1, 2].

ТОО «Степногорск Темір Жолы» не участвует в погрузо-разгрузочных работах, а занимается в основном подачей, уборкой и сортировкой вагонов для промышленных предприятий на станции «Промышленная», в связи с чем разработка мероприятий по совершенствованию работы станции «Промышленная» является актуальной задачей.

Материалы и методы

Для разработки направлений совершенствования основных показателей работы железнодорожной станции необходимо произвести прогнозирование основных показателей работы станции «Промышленная» ТОО «Степногорск Темір Жолы».

Прогнозирование показателей работы станции «Промышленная» проводилось для следующих основных показателей: вагонооборот; простой вагона под грузовыми операциями. Аппроксимируя зависимости основных показателей работы станции от времени, предполагает, что имеется экспоненциальная зависимость вида

$$y = ae^{bx} \quad (1)$$

Для определения аппроксимирующих функций, рассчитывающих показатели работы (вагонооборот, простой вагона под грузовыми операциями)

станции «Промышленная» предварительно собраны исходные данные [2], которые приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные для прогноза

Показателей работы	Вагонооборот // Простой вагона под грузовыми операциями			
	2017// 2017	2018// 2018	2019// 2019	2020// 2020
Года				
Условные года, х	0//0	1//1	2//2	3//3
Значение показателей, у	45830// 16,5	46650// 18,3	47125// 19,2	47520// 20,5
Значение натурального логарифма показателя Y	10,733// 2,803	10,750// 2,907	10,761// 2,955	10,769// 3,020

Значения коэффициентов системы уравнений для расчета параметров аппроксимирующей функции определены по следующим формулам [3, 4]:

$$\begin{aligned} \sum x_i &= 6; \sum x_i^2 = 14; \\ \sum x_i^B y_i^2 &= 64,578 // \sum x_i^B y_i^2 = 17,878; \\ \sum y_i^B &= 43,013 // \sum y_i^B = 11,686. \end{aligned}$$

Для решения системы линейных уравнений используем метод Крамера [3-5]:
- при количестве двух неизвестных {a;b; 2:a}, система линейных уравнений примет вид

$$\begin{cases} 14 \cdot b + 6 \cdot a_1 = 64,578 \\ 6 \cdot b + 4 \cdot a_1 = 43,013 \end{cases} // \begin{cases} 14 \cdot b + 6 \cdot a_1 = 17,878 \\ 6 \cdot b + 4 \cdot a_1 = 11,686 \end{cases}$$

- главный определитель матрицы

$$\Delta = \begin{vmatrix} 14 & 6 \\ 6 & 4 \end{vmatrix} = 20;$$

- вспомогательные определители матрицы

$$\begin{aligned} \Delta_1 &= \begin{vmatrix} 64,578 & 6 \\ 43,013 & 4 \end{vmatrix} = 0,238 // \Delta_1 = \begin{vmatrix} 17,878 & 6 \\ 11,686 & 4 \end{vmatrix} = 1,398; \\ \Delta_2 &= \begin{vmatrix} 14 & 64,578 \\ 6 & 43,013 \end{vmatrix} = 214,707 // \Delta_2 = \begin{vmatrix} 14 & 17,878 \\ 6 & 11,686 \end{vmatrix} = 56,330; \end{aligned}$$

- коэффициенты аппроксимирующей функции

$$\begin{aligned} b &= \frac{\Delta_1}{\Delta} = 0,012 // b = \frac{\Delta_1}{\Delta} = 0,070; \\ a_1 &= \frac{\Delta_2}{\Delta} = 10,735 // a_1 = \frac{\Delta_2}{\Delta} = 2,817; \\ a &= e^{a_1} = 45\,951 // a = e^{a_1} = 17. \end{aligned}$$

Подставляя расчетные данные в формулу (1) получим аппроксимирующие функции для определения прогнозируемых значений:

- «Вагонооборот»

$$U_{\text{вар.}} = 45\,951 \cdot e^{0,012 \cdot (T-2017)}; \tag{2}$$

- «Простой вагона под грузовыми операциями»

$$t_{\text{гр.опер.}}^{\text{вар.}} = 17 \cdot e^{0,070 \cdot (T-2017)}. \tag{3}$$

Используя формулы (2) и (3) построим графики фактических значений показателей (вагонооборот, простой вагона под грузовыми операциями) работы станции «Промышленная» ТОО «Степногорск Темір Жолы» и прогнозируемые значения аппроксимирующих функций, которые показаны на рисунках 1 и 2.

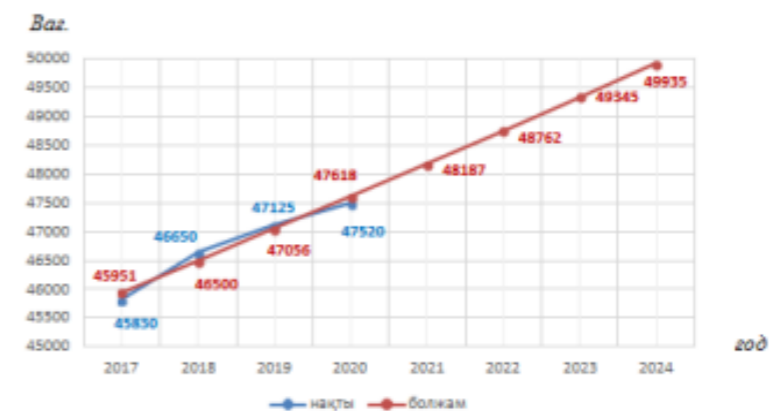


Рисунок 1 – Аппроксимация вагонооборота

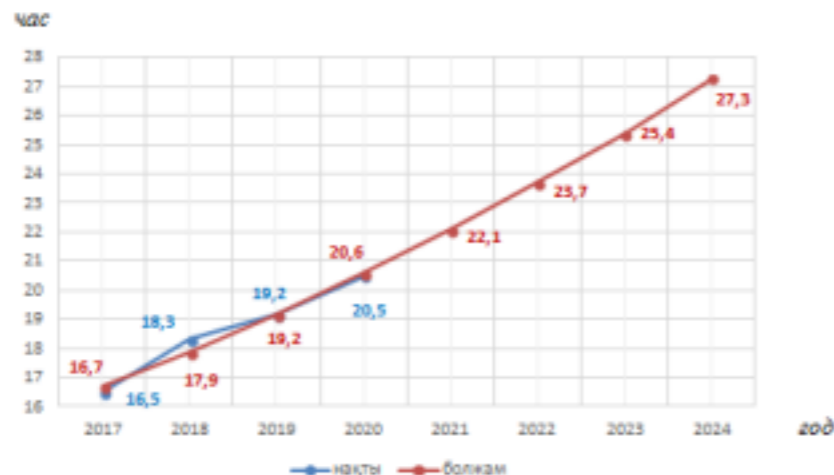


Рисунок 2 – Аппроксимация простоя вагона под грузовыми операциями

Результаты и обсуждение

Проведенный анализ основных показателей (вагонооборот, простой вагона под грузовыми операциями) работы станции «Промышленная» ТОО «Степногорск Темір Жолы». Анализ проведен с использованием научной методики по прогнозированию изменений основных показателей железнодорожных станций на перспективу, прогноз осуществлен путем аппроксимации основных показателей в функции времени. Для каждого прогнозируемого показателя определены формулы аппроксимирующей функции. По результатам расчета получены аппроксимирующие функции и графики изменений основных показателей работы станции «Промышленная» на перспективу: аппроксимация вагонооборота (формула 2, рисунок 1); аппроксимация времени простоя вагона под грузовыми операциями (формула 3, рисунок 2).

Сегодня на промышленном железнодорожном транспорте все больше внимания уделяется эффективности управления движением поездов. Для достижения оптимальных параметров работы грузовых фронтов и станций необходимо одновременное проведение согласованных мероприятий по всем сторонам, входящим в рассматриваемый транспортный комплекс [6–9].

На сегодняшний день совершенствование работы железнодорожных станций в условиях ТОО «Степногорск Темір Жолы» можно осуществлять следующими путями [10]:

- сокращение времени на регламент переговоров: к примеру, на станции «Промышленная» – каждое действие при маневровых работах это отдельный приказ, работникам приходится очень много переговариваться и на это уходит 1/3 времени которое тратится на маневры; это связано с тем, что им (ДСП, машинист, составитель) приходится повторять приказы по 3 раза согласно регламенту переговоров; в среднем маневры на станциях в зависимости от объема работы продолжаются 1–2,5 часа, в связи, с чем можно существенно сократить время, которое уходит на маневры – в среднем 15–30 минут от общего времени.

- установка видеокамер на станциях: видеокамеры необходимо установить на входных светофорах; к примеру, на станции «Промышленная» – видеокамеры помогут фиксировать прибывающие вагоны и отправлять данные приемосдатчику и ДСП; это позволит приемосдатчику не ходить в парк и проверять каждый вагон; благодаря данному внедрению можно сократить время в среднем около 20-30 минут в зависимости от количества вагонов.

Выводы

Таким образом, внедрение вышеуказанных мероприятий в ТОО «Степногорск Темір Жолы» позволит значительно повысить технико-экономические показатели работы железнодорожной станции «Промышленная», обслуживающая промышленные предприятия. Представленные результаты теоретических исследований, имеют прикладное значение, и будут интересны для научных и инженерно-технических работников, занимающихся исследованием в области промышленного железнодорожного транспорта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Инструкция по обслуживанию железнодорожных подъездных путей ТОО «Степногорск Темір Жолы». – Степногорск : ТОО «Степногорск Темір Жолы», 2015. – 60 с.
- 2 Отчет по исследовательской практике. – Караганда : КарТУ, 2020. – 25 с.
- 3 Балабаев, О. Т., Аскараров, Б. Ш., Кенжекулов, К. К. «Степногорск Темір Жолы» ЖШС кірме жолының жүк фронттарының жұмысын оңтайландыру. Авторлық құқықпен қорғалатын объектілерге, құқықтардың мемлекеттік тізіліміне мәліметтерді енгізу туралы КУӘЛІК № 17665 18.05.2021.
- 4 Варашев, В. Н., Осипов, Ю. В., Сафина, Г. Л., Рогачева, Н. Н. Вычислительные методы математического анализа. – М: Учебное электронное издание, 2017. – 512 с.
- 5 Решение систем линейных уравнений методом Крамера [Электронный ресурс], – Режим доступа: <https://ru.onlinemschool.com/math/assistance/equation/kramer/> (Өтініш берген күні 05.05.2021).
- 6 Дудкин, Е. П., Рыбачок, В. М., Свинцов, Е. С. Проблемы и перспективы развития промышленного железнодорожного транспорта // Транспорт Российской Федерации. – 2006. – № 7. – С. 46–49.
- 7 Рахмангулов, А.Н., Мишкуров, П.Н. Повышение энергоэффективности промышленного железнодорожного транспорта на основе динамической оптимизации параметров вагонопотоков // Сборник научных трудов SWORLD. – 2012. – № 3. – С. 86–90.
- 8 Бурдяк, П. С. Совершенствование технологического взаимодействия магистрального и промышленного видов транспорта // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. – 2018. – № 1. – С. 172–174.
- 9 Ручкин, И. В. Актуальные вопросы взаимодействия железнодорожных станций общей сети с предприятиями промышленного железнодорожного

транспорта // Международной научно-практической конференции «Транспорт: наука, образование, производство». – Ростов-на-Дону : РостовГУПС, 2019. – С. 67–71.

10 Балабаев, О. Т., Криштопин, С. В., Кенжекулов, К. К. ЖШС «Степногорск Темір Жолы» жүк майдандарының жұмысын жетілдіру бойынша іс-шаралар // «Ғылым, білім және өндіріс интеграциясы – Ұлттық жоспарды жүзеге асырудың негізі» атты Халықаралық ғылыми-практикалық конференциясына (№12 Сағынов оқулары). – Қарағанды : ҚарМТУ, 2020. – С. 104.

REFERENCES

- 1 Instrukciya po obsluzhivaniyu zheleznodorozhnyh podvezdnyh putej TOO «Stepnogorsk Temir Zholy». – Stepnogorsk : TOO «Stepnogorsk Temir Zholy», 2015. – 60 p.
- 2 Otchet po issledovatel'skoj praktike. – Karaganda : KarTU, 2020. – 25 p.
- 3 Balabaev, O. T., Askarov, B. Sh., Kenzhekulov, K. K. «Stepnogorsk Temir Joly» JShS kirme jolynyn juk frontaryny jumysyn ontailandyry. Avtorlyq quyqpen qorgalatyn obektlerge, quyqtardyñ memlekttik tizilimine malimetterdi engizy tyraly KYALIK № 17665. 18.05.2021.
- 4 Varashev, V. N., Osipov, Yu. V., Safina, G. L., Rogacheva, N. N. Vychislitel'nye metody matematicheskogo analiza. – Moscow : Uchebnoe elektronnoe izdanie, 2017. – 512 p.
- 5 Reshenie sistem linejnyh uravnenij metodom Kramera [Electronic resource]. – access mode: <https://ru.onlinschool.com/math/assistance/equation/kramer/> (Date of application: 05.05.2021).
- 6 Dudkin, E. P., Rybachok, V. M., Svincov, E. S. Problemy i perspektivy razvitiya promyshlennogo zheleznodorozhnogo transporta // Transport Rossijskoj Federacii. – 2006. – № 7. – P. 46–49.
- 7 Rahmangulov, A. N., Mishkurov, P. N. Povyshenie energoeffektivnosti promyshlennogo zheleznodorozhnogo transporta na osnove dinamicheskoy optimizacii parametrov vagonopotokov. – Sbornik nauchnyh trudov SWORLD. – 2012. – № 3. – P. 86–90.
- 8 Burdyak, P. S. Sovershenstvovanie tekhnologicheskogo vzaimodejstviya magistral'nogo i promyshlennogo vidov transporta // Transportnaya infrastruktura Sibirskogo regiona. – 2018. – № 1. – P. 172–174.
- 9 Ruchkin, I. V. Aktual'nye voprosy vzaimodejstviya zheleznodorozhnyh stancij obshchej seti s predpriyatiyami promyshlennogo zheleznodorozhnogo transporta. Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Transport : nauka, obrazovanie, proizvodstvo». – Rostov-na-Donu : RostovGUPS, 2019. – P. 67–71.
- 10 Balabaev, O. T., Krishtopin, S. V., Kenzhekulov, K. K. JShS «Stepnogorsk Temir Joly» juk mайдандарының жұмысын жетілдіру бойынша іс-шаралар // «Ғылым, білім және өндіріс интеграциясы – Ұлттық жоспарды жүзеге асырудың негізі» атты Халықаралық ғылыми-практикалық конференциясына (№ 12 Сағынов оқулары). – Қарағанды : ҚарМТУ, 2020. – P. 104.

Материал поступил в редакцию 17.12.21.

*О. Т. Балабаев¹, Б. Ш. Аскар², А. В. Рожков³, Д. К. Саржанов⁴, К.К. Кенжекулов⁵

^{1,2,3,5}Қарағанды техникалық университеті,

Қазақстан Республикасы, Қарағанды қ. ;

⁴Қазтұтынуодағы қарағанды университеті,

Қазақстан Республикасы, Қарағанды қ.

Материал баспаға 17.12.21 түсті.

«СТЕПНОГОРСК ТЕМІР ЖОЛЫ» ЖШС «ПРОМЫШЛЕННАЯ» СТАНЦИЯСЫНЫҢ ЖҰМЫСЫН ТАЛДАУ

Мақалада өнеркәсіптік теміржол көлігі саласында орындалған ғылыми-зерттеу жұмыстарының нәтижелері келтірілген. «Степногорск Темір Жолы» ЖШС «Промышленная» станциясының жұмысы зерттелді. Станция Степногорск қаласындағы өнеркәсіптік кәсіпорындардың шамамен 80%-на қызмет көрсетеді. Кәсіпорында темір жол тасымалын орындау, поездарды қалыптастыру және тарату, сонымен қатар өнеркәсіптік кәсіпорындар жолында жүк операцияларына вагондар беру үшін төрт бөлік пункт бар. «Промышленная» станциясы жұмысының негізгі көрсеткіштеріне (вагон айналымы, жүк операциялары бойынша қарапайым вагон) жүргізілген талдау. Талдау темір жол станцияларының болашаққа арналған негізгі көрсеткіштерінің өзгерістерін болжау жөніндегі ғылыми әдістемені пайдалана отырып жүргізілді. Болжам уақыт функциясындағы негізгі көрсеткіштерді жуықтау арқылы жасалды. Әрбір болжамды көрсеткіш үшін жуықтау функциясының формулалары анықталған.

Бүгінгі таңда жүк фронттары мен станциялары жұмысының оңтайлы параметрлеріне қол жеткізу үшін қаралып отырған көлік кешеніне кіретін барлық тараптар бойынша келісілген іс-шараларды бір мезгілде жүргізу қажет.

Есептеу нәтижелері бойынша «Промышленная» станциясы жұмысының болашаққа арналған негізгі көрсеткіштерінің жуықтау функциялары мен өзгерістер кестелері алынды. «Степногорск Темір Жолы» ЖШС «Промышленная» станциясының жұмысын жетілдіру бойынша негізгі іс-шаралар қаралды.

Жоғарыда аталған іс-шараларды «Степногорск Темір Жолы» ЖШС-не енгізу «Промышленная» темір жол станциясы жұмысының техникалық-экономикалық көрсеткіштерін едәуір арттыруға мүмкіндік береді.

Кілтті сөздер: Өнеркәсіптік көлік, теміржол көлігі, пойыз қозғалысын басқару, вагон айналымы, қарапайым вагондар, жуықтау, болжау.

* *O. T. Balabayev*¹, *B. Sh. Askarov*², *A. V. Rozhkov*³, *D. K. Sarzhanov*⁴,
*Kenzhekulov K. K.*⁵

^{1,2,3,5}Karaganda Technical University, Republic of Kazakhstan, Karaganda;

⁴Karaganda University of Kazpotreboysuz, Republic of Kazakhstan, Karaganda.

Material received on 17.12.21.

ANALYSIS OF THE WORK OF THE STATION «PROMYSHLENNAYA» LLP «STEPNOGORSK TEMIR ZHOLY»

The article presents the results of scientific research carried out in the field of industrial railway transport. The work of the station «Promyshlennaya» LLP «Stepnogorsk Temir Zholy» is investigated. The station serves about 80 % of industrial enterprises of Stepnogorsk. There are four separate points at the enterprise for performing railway transportation, forming and disbanding trains, and supplying wagons for cargo operations on the way of industrial enterprises. The analysis of the main indicators (car turnover, idle time of the car under cargo operations) of the operation of the Promyshlennaya station. The analysis was carried out using a scientific methodology for predicting changes in the main indicators of railway stations in the future. The forecast is made by approximating the main indicators in a function of time. Formulas of the approximating function are defined for each predicted indicator.

To date, in order to achieve optimal parameters for the operation of cargo fronts and stations, it is necessary to simultaneously carry out coordinated measures on all sides included in the transport complex under consideration

According to the calculation results, approximating functions and graphs of changes in the main indicators of the operation of the Promyshlennaya station for the future are obtained. The main measures to improve the operation of the station «Promyshlennaya» LLP «Stepnogorsk Temir Zholy» are considered.

The implementation of the above measures in Stepnogorsk Temir Zholy LLP will significantly improve the technical and economic performance of the Promyshlennaya railway station.

Keywords: industrial transport, railway transport, train traffic management, car turnover, idle cars, approximation, forecasting.

SRSTI 73.31.09

<https://doi.org/10.48081/CJVG4668>

**A. W. Dahham*

Iraq, Baghdad

IMPROVING THE MECHANICAL PROPERTIES OF THE RUBBER COMPOUND OF THE VEHICLES' TIRES: A LITERATURE OVERVIEW

People are shifting from use of fossil fuel based processing oils to naturally occurring oils, and restriction on PCA rich extender oils by December 2009 leads to search for naturally occurring oils. According to the KEMI report, products with polycyclic aromatic compounds, PCAs, levels exceeding 3 % by weight must be labeled. The report pointed out that worn tyre tread material was being spread on the roadsides, introducing high amounts of PCA into the environment. PCA is having toxic effects on aquatic organisms. For the sidewall tyre rubber, the way to improve the properties is a stepwise downsizing method of gel particles in reclaimed rubber to a micro-nano scale and its excellent dynamic performance in tyre sidewall were introduced by this work.

In the present work, two naturally occurring oils, neem oil and kurunj oil, were characterised in a 100 % Natural Rubber based formulation, a NR/BR blend based Bias Truck and Rib Type Tyre Tread Cap compound and a SSB/ NR/BR blend based Radial Passenger Tyre Tread compound.

Compounds made with naturally occurring oils showed better abrasion properties. These oils were found to be suitable also on the basis of low PCA content. The results for the tyre sidewall showed that the size of gel particles decreased from several micrometers to micro-nanometers with the increase of reclaiming degree, accompanied by reduced molecular weight and widened molecular weight distribution of sol fraction. The addition of reclaimed rubber with low Mooney viscosity improved the dynamic mechanical properties of the natural rubber/butadiene rubber blends effectively, including wet resistance and rolling resistance. Moreover, the flexing fatigue resistance has also been improved dozens of times compared to traditional tyre sidewall.

Keywords: tyre tread rubber, tyre sidewall rubber, nanostructured polymers, non-polymeric materials and composites, rubber.

Introduction

Rubber is a fantastic material and is widely used in our normal lives due to its special characteristic: visco-elasticity. Use of a single rubber is rarely adequate for manufacturing of rubber products. Therefore, blends of rubbers are achieving more and more technological and commercial interest since they provide an acceptable technological process for accessing properties not available in a single elastomer.

The tyre sidewall is the outer surface of the tyre between the bead and the tread, as shown in figure 1. It provides a physical link between the wheel and the tyre tread in

transmitting power and braking forces to the tyre tread. The tyre sidewall also plays a significant role in a vehicle's suspension and in the general handling of the vehicle on the road. As it undergoes distortion from the load bearing down on the tyre, one of the most significant properties of the sidewall is its flexibility [1].

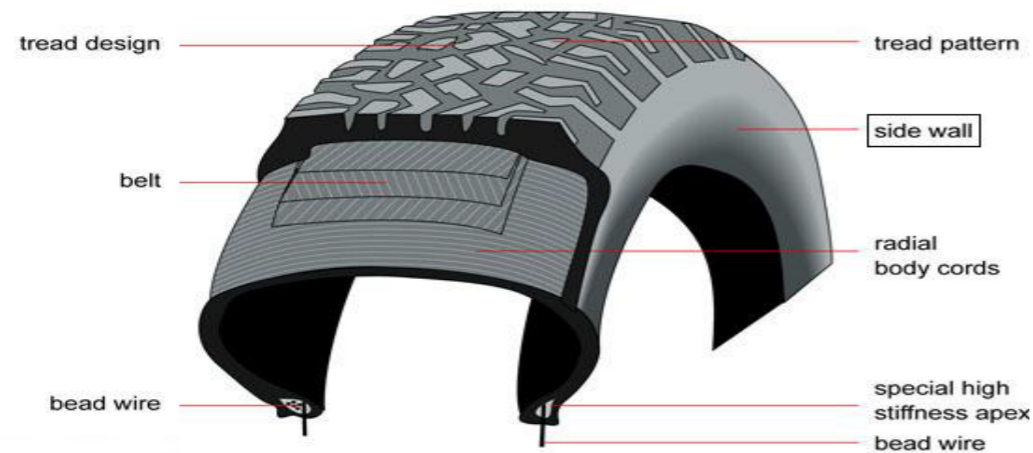


Figure 1 – Various components of a radial tyre are shown in this cutaway view

The potentially improved properties include chemical, physical and processing benefits. Changing intramolecular composition, such as making block copolymers, is a way to achieve tunable properties as well. However, this is limited by available synthesis processes. Intermolecular changes, such as adjusting composition or distribution of components in blends, are not limited by such synthetic limitations and are commercially preferred.

Today the use of rubber blends is more widespread in applications, including belts, hoses, footwear and especially tyres and tyre related products. A tyre is an assembly of a series of parts, each of which has a specific function in the service and performance of the product. Table 1 lists the important components of tyres and the typical blends used for them [2].

Table 1 – Rubber Blends in Automotive Tyres [3]

Component	Passenger tyres	Truck tyres
Tread	SBR-BR	NR-BR or SBR-BR
Belt	NR	NR
Carcass	NR-SBR-BR	NR-BR
Black sidewall	NR-SBR or NR-BR	NR-BR
Inner liner	NR-SBR-IIR	NR-IIR

Natural rubber (NR) is known to exhibit numerous outstanding properties, such as good oil resistance, low gas permeability, improved wet grip and rolling resistance, coupled with high strength; having properties resembling those of synthetic rubbers.

Natural rubber coming from latex is mostly polymerized isoprene with a small percentage of impurities in it.

This will limit the range of properties available to it, although addition of sulfur and vulcanization is used to improve the mechanical and physical properties. Chemically, natural rubber is cis-1, 4-polyisoprene and occurs in Hevea rubber trees [4, 5].

The use of carbon black is synonymous with the history of tires. However, the primary properties of carbon blacks are normally controlled by particle size, surface area, structure and surface activity which in most cases are interrelated [6].

The idea of blending synthetic rubbers with natural rubber is certainly not a new one, but now it can be applied positively, by using new techniques developed over the last 5 years. These compounds are capable of forming a chemical link between these dissimilar rubbers to produce a technologically compatible blend. The blend vulcanizates produced exhibit enhanced physical properties by judicious selection of the SBR: NR ratio [7, 8]. Blending of (SBR) and other types of rubber and its performance have been studied earlier, they have demonstrated that the physical properties of such blends can be significantly improved by adding a suitable compatibiliser [9–12].

This article presents an overview of some best way to improve the mechanical properties of the rubber sidewall of the vehicles that are ensure high reliability and low cost.

Materials and methods

Methods to Improve Thread Tire Rubber. Various methods have been developed by researchers to improve the mechanical.

Properties of the sidewall rubber. One of which was done, According to the KEMI report, products with polycyclic aromatic compounds, PCAs, levels exceeding 3 % by weight must be labeled. The report pointed out that worn tyre tread material was being spread on the roadsides, introducing high amounts of PCA into the environment. PCA is having toxic effects on aquatic organisms. In the present work, two naturally occurring oils, neem oil and kurunj oil, were characterised in a 100 % Natural Rubber based formulation, a NR/BR blend based Bias Truck and Rib Type Tyre Tread Cap compound and a SSBR/NR/BR blend based Radial Passenger Tyre Tread compound. Compounds made with naturally occurring oils showed better abrasion properties. These oils were found to be suitable also on the basis of low PCA content [11].

Results and discussion

1. Compound characterization in 100% NR based formulation.

1.1. Mooney viscosity, stress relaxation and Mooney scorch.

The Mooney viscosity, stress relaxation and Mooney scorch results are shown in Table 2. All three compounds showed comparable Mooney viscosity and stress relaxation for both the master and final batches. The compound mixed with NO₁ oil showed lower Mooney scorch.

Table 2 – Mooney viscosity, Mooney scorch and stress relaxation properties

Sample Id.	Mooney viscosity (master batch) MU	Mooney viscosity (final batch) MU	Stress relaxation (master batch) % drop	Stress relaxation (final batch) % drop	Mooney scorch min
100% NR based compound					
Aromatic oil	73.4	58.9	75.3	80.2	9.37
NO ₁	72.4	60.3	74.8	78.8	8.88
NO ₂	74.1	59.4	74.1	79.9	9.38
NR/BR blend based Bias Truck Tyre Tread Cap compound					
Aromatic oil	75.9	60.5	72.1	76.7	10.75
NO ₁	77.9	62.8	71.1	75.0	10.50
NO ₂	79.8	63.0	69.9	74.4	11.50
NR/BR blend based Rib Type Tyre Tread Cap compound					
Aromatic oil	64.7	57.6	77.3	79.8	18.81
NO ₁	70.6	62.1	73.4	75.8	20.55
NO ₂	69.4	60.6	73.3	76.3	22.53
SSBR/NR/BR blend based Radial Passenger Tyre Tread compound					
Aromatic oil	60.5	53.7	86.8	87.8	13.36
NO ₁	59.0	51.7	85.5	87.1	12.23
NO ₂	58.8	51.5	85.5	86.4	11.98

1.2. Flow behavior (frequency sweep).

The power law index results for master and final batches are shown in Table 3. All three compounds showed comparable flow behavior properties for both the master batch and final batch.

Table 3 – Power law index properties

Sample Id.	Test parameter	
	Power law index (master batch)	Power law index (final batch)
100% NR based compound		
Aromatic oil	0.203	0.227
NO ₁	0.202	0.223
NO ₂	0.202	0.229
NR/BR blend based Bias Truck Tyre Tread Cap compound		
Aromatic oil	0.168	0.189
NO ₁	0.166	0.182
NO ₂	0.165	0.182
NR/BR blend based Rib Type Tyre Tread Cap compound		
Aromatic oil	0.181	0.190
NO ₁	0.166	0.179
NO ₂	0.169	0.181
SSBR/NR/BR blend based Radial Passenger Tyre Tread compound		
Aromatic oil	0.278	0.292
NO ₁	0.273	0.291
NO ₂	0.264	0.282

1.3. Filler dispersion study.

The results for filler dispersion study of master and final batches are shown in Table 4. In both the master and final batches, compounds mixed with natural oils showed better filler dispersion.

Table 4 – Filler dispersion study

Compound Id.	parameter					
	Master compound)			Final compound		
	G0 (kPa) at 1% strain	G0 (kPa) at plateau level	Fraction recovery of G0 (G0 at plateau/G0 initial)	G0 (kPa) at 1 % strain	G0 (kPa) at plateau level	Fraction recovery of G0 (G0 at plateau/G0 initial)
100% NR based compound						
Aromatic oil	0.665	0.646	0.971	0.536	0.528	0.985
NO ₁	0.626	0.625	0.998	0.533	0.532	0.998
NO ₂	0.623	0.622	0.998	0.525	0.524	0.998
NR/BR blend based Bias Truck Tyre Tread Cap compound						
Aromatic oil	1.524	1.320	0.866	1.204	1.035	0.860
NO ₁	1.768	1.504	0.851	1.073	0.973	0.907
NO ₂	1.184	1.042	0.880	1.183	0.010	0.854
NR/BR blend based Rib Type Tyre Tread Cap compound						
Aromatic oil	1.262	0.990	0.784	1.200	0.939	0.783
NO_1	1.313	1.071	0.816	1.187	1.005	0.847
NO_2	1.254	1.040	0.829	1.126	0.926	0.822
SSBR/NR/BR blend based Radial Passenger Tyre Tread compound						
Aromatic oil	0.990	0.797	0.805	0.888	0.727	0.819
NO_1	1.026	0.905	0.882	0.885	0.734	0.829
NO_2	0.941	0.796	0.846	0.871	0.714	0.820

1.4. Polymer–filler and filler–filler interaction study.

The results for polymer–filler interaction study are shown in Table 5 for the master and final batches. In both the master and final batches, compound mixed with NO_1 oil showed marginally poorer, whilst compound mixed with NO₂ oil showed better, polymer–filler interaction.

Table 5 – Polymer–filler interaction study

Compound Id.	Parameter					
	Master compound)			Final compound		
	G0 (kPa) at 1% strain	G0 (kPa) at 25% strain	Payne effect	G0 (kPa) at 1% strain	G0 (kPa) at 25% strain	Payne effect
100% NR based compound						
Aromatic oil	218.6	118.6	100.0	163.9	91.7	72.2
NO_1	224.1	120.5	103.6	169.4	94.5	74.9
NO_2	213.1	121.4	91.7	153.0	90.0	63.0
NR/BR blend based Bias Truck Tyre Tread Cap compound						
Aromatic oil	333.34	145.10	188.24	267.77	113.69	154.08
NO_1	366.13	156.00	210.13	289.63	121.60	168.03
NO_2	355.20	156.86	198.34	267.77	119.46	148.31
NR/BR blend based Rib Type Tyre Tread Cap compound						
Aromatic oil	535.54	121.38	414.16	486.35	110.70	375.65
NO_1	513.68	147.03	366.65	475.43	126.51	348.92
NO_2	502.75	148.10	354.65	437.17	125.02	312.15
SSBR/NR/BR blend based Radial Passenger Tyre Tread compound						
Aromatic oil	306.02	88.05	217.97	245.91	69.24	176.67
NO_1	295.09	84.63	210.46	240.45	70.74	169.71
NO_2	295.09	86.98	208.11	234.98	70.09	164.89

1.5. Rheometric properties.

The rheometric results are shown in Table 6. Compound mixed with NO₁ oil showed faster cure characteristics, which was further confirmed by lower Mooney scorch value.

Table 6 – Rheometric properties

Sample Id.	Minimum torque (dN-m)	Maximum torque (dN-m)	ts2 (min)	Tc40 (min)	Tc50 (min)	Tc90 (min)
100% NR based compound						
Aromatic oil	2.27	14.93	6.93	8.44	9.31	16.44
NO_1	2.28	14.29	6.48	7.88	8.74	15.78
NO_2	2.24	14.34	6.86	8.28	9.12	16.27
NR/BR blend based Bias Truck Tyre Tread Cap compound						
Aromatic oil	2.97	15.81	8.58	10.98	12.28	23.17
NO_1	3.08	15.46	8.41	10.86	12.20	23.19
NO_2	3.06	14.82	9.28	11.43	12.67	22.81
NR/BR blend based Rib Type Tyre Tread Cap compound						
Aromatic oil	3.22	15.84	20.75	24.14	25.33	35.13
NO_1	3.46	15.38	18.19	20.78	21.96	32.39
NO_2	3.46	14.39	20.81	23.14	24.21	33.19
SSBR/NR/BR blend based Radial Passenger Tyre Tread compound						

Aromatic oil	2.08	19.76	3.63	4.22	4.38	6.29
NO_1	2.05	18.64	3.42	4.06	4.29	6.71
NO_2	2.09	18.19	3.30	3.80	3.96	5.77

2. Compound characterisation in NR/BR blend based Bias Truck Tyre Tread Cap.

2.1. Mooney viscosity, stress relaxation and Mooney scorch

The Mooney viscosity, stress relaxation and Mooney scorch results are shown in Table 2.

Rubber compounds mixed with natural oils showed higher Mooney viscosity in both themaster and final batches. Comparable stress relaxation was observed in all the three compounds. Higher scorch safety was observed in compound mixed with NO₂ oil.

2.2. Flow behavior (frequency sweep)

The power law index results for master and final batches are shown in Table 3.

Rubber compounds having natural oils showed marginally better flow behavior properties for both the master batch and final batch.

2.3. Filler dispersion study

The results for dispersion study for master and final batches are shown in Table 4.

In master batches compounds having NO₂ oils showed better, whereas rubber compounds having NO₁ oil showed poor filler dispersion. In final batches, compounds having NO₁ oils showed better filler dispersion.

2.4. Polymer–filler and filler–filler interaction study

The results for polymer–filler interaction study for the master and final batches are shown in Table 5. The rubber compounds having both the natural oils showed poor polymer–filler interaction for themaster batch. The rubber compounds having NO₂ oil showed better polymer–filler interaction for the final batch.

2.5. Rheometric properties. The rheometric results are shown in Table 6.

Marginally lower maximum torque was observed in the case of compounds mixed with natural oils. Rubber compounds having NO₂ oil showed higher scorch safety, which was further confirmed by Mooney scorch results [11].

3. Improving sidewall rubber.

Characterization of NR/BR/RR

3.1. Composites reinforced with CB.

The mechanical properties including tensile strength, elongation at break, modulus at 100 % elongation of the samples were tested with universal testing machine (Instron 3365, Instron) at a speed of 500 mm/min, and the samples were in the shape of dumb-bell according to standard ASTM D412–2009 (Table 7). The dispersion of gel fraction was observed by OM (Leica DM LP, Leica Instruments, Germany). The gel fraction was dispersed in toluene under ultrasonic condition before subjected to OM observation. The dispersive behavior of gel fraction in the vulcanizates was investigated by desktop scanning electron microscope (DSEM) (Phenom Pro, Phenom Corp., The Netherlands). The tensile fraction surface of the vulcanizates was subjected to metal spraying and then been observed under DSEM. The dynamic mechanical properties of the vulcanizates were indicated by DMA (Discovery DMA 850, TA Instruments).

The tests were carried out in the tensile mode. The temperature ranged from 120 to 70 °C, and the heating rate was 3 °C/min. The frequency was 10 Hz, and the strain was 0.1 %.

The flexing fatigue resistance of the compounds were manifested by a rubber flexing fatigue tester (GT-7011-D, Gotech Testing Machines, China) with a frequency of 20 Hz at room temperature, according to standard ISO 132:1999.

Table 7 – Composition analysis of gel particles in RRs determined by TGA

Composition	R1 (%)	R4 (%)	R7 (%)
Rubber hydrocarbon	30	40	50
CB	55	48	40
Inorganic residues	15	12	10

Abbreviations: RR, reclaimed rubber; TGA, thermo-gravimetric analyzer.

3.2 Mechanical, rheological, and dynamic mechanical performance of NR/ BR/RR composites reinforced with CB.

Figure 2 shows the variation of storage modulus (G') with strain.

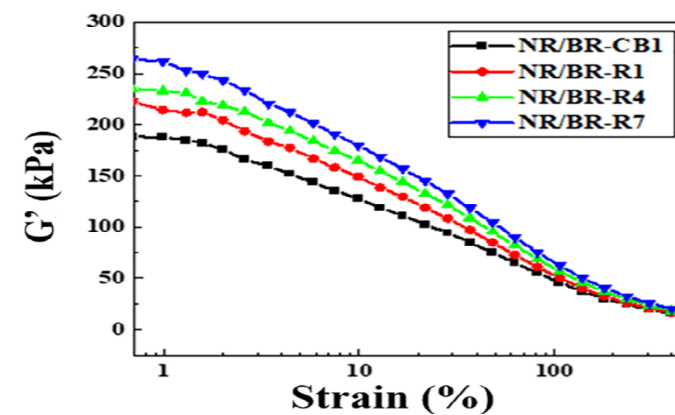


Figure 2 – Payne effect of NR/BR/RR reinforced with CB. BR, butadiene rubber; CB, carbon black; NR, natural rubber; RR, reclaimed rubber [Color figure can be viewed at wileyonlinelibrary.com]

The storage modulus of the rubber compound shows a nonlinear decrease with the increase of strain, which is the typical Payne effect [13].

The Payne effect represents the magnitude of the interaction force between the rubber matrix and the filler. Further exploring the dispersive behavior of RR in the rubber compounds, it was found that the addition of RR can significantly increase the G0 compared with pure CB, which is mainly due to the presence of the bound rubber. The CB coated by bound rubber is more entangled with the molecular chain of the rubber matrix, and has a better compatibility. In addition, as the degree of reclaiming increased, the Payne effect weakened, indicating reduction of filler aggregates, that is, the filler has a better dispersion in the matrix.

The dispersive behavior of the gel particles in the compounds was further analyzed. By observing the tensile fracture surface of the vulcanizates, as shown in Figure 3, it was found that compared with NR/BR-CB1, the addition of RR increased the roughness of the tensile fracture surface. In addition, the dispersive size of the gel particles decreased with the degree of reclaiming. The surface of NR/BR-R1 was similar to NR/BR-CB1 with less and smaller size of gel particles, which confirmed the micro-nano structure of R1. While in NR/BR-R4 and NR/BR-R7, the particle size of gel fraction increased significantly and was easy to be the stress concentration point in the range of tens to hundreds of microns.

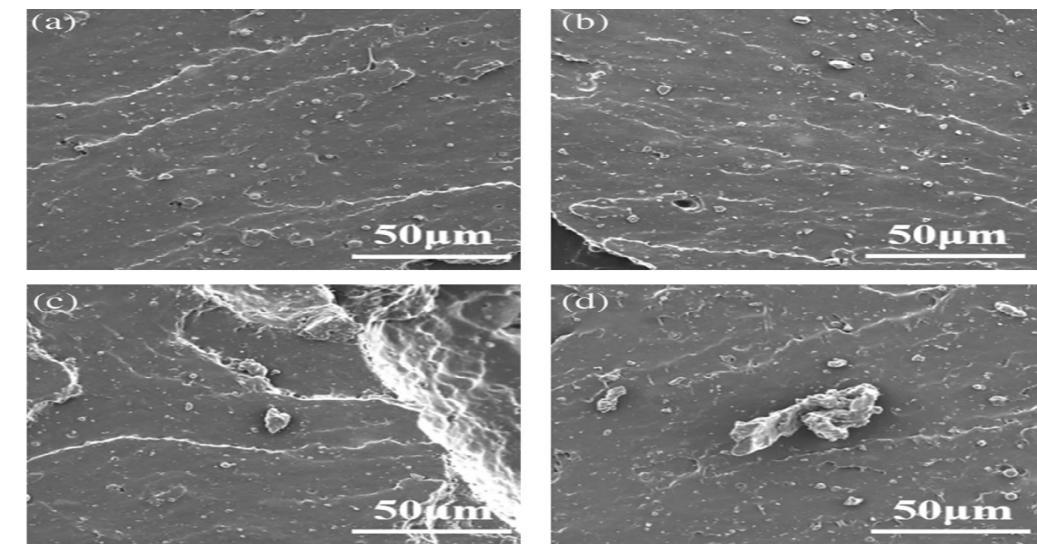


Figure 3 – Microstructure of tensile fracture surfaces of vulcanizates (a) NR/BR-CB1, (b) NR/BR-R1, (c) NR/BR-R4, (d) NR/BR-R7BR, butadiene rubber; CB, carbon black; NR, natural rubber

Table 8 showed the influence of RR on the mechanical properties of the vulcanizates, which has also been substantiated by Rattanasom [14]. Fragmentized rubber molecular chains were obtained by reclaiming, and caused lightly degradation of mechanical properties (the tensile strength and elongation at break of the rubber were reduced from 20.2 MPa and 693 % to 17.5 MPa and 606 %, whereas stress at 100% elongation and hardness were promoted).

Table 8 – Mechanical properties of NR/BR/RR blends reinforced with CB Samples NR/BR-CB1 NR/

Samples	NR/BR-CB1	NR/BR-R1	NR/BR-R4	NR/BR-R7
Tensile strength (MPa)	20.2	18.2	17.8	17.5
Stress at 100% elongation (MPa)	1.42	1.61	1.6	1.66
Elongation at break (%)	693	656	666	606
Hardness (Shore A)	50	50	51	52
Tear strength (kN_m ⁻¹)	78.4	78.3	74.5	71.6

Yet the loss of tear strength gradually decreased with the increase of reclaiming degree and was more stable than the traditional RR used by Fukumori, [15] which can be attributed to the dispersive scale of RR. According to Figure 4 (b), it can be found that the addition of R1, R4, and R7 can significantly improve the wet skid resistance of the compounds contrast to NR/BR-CB1, and it increased with the decrease of the reclaiming degree.

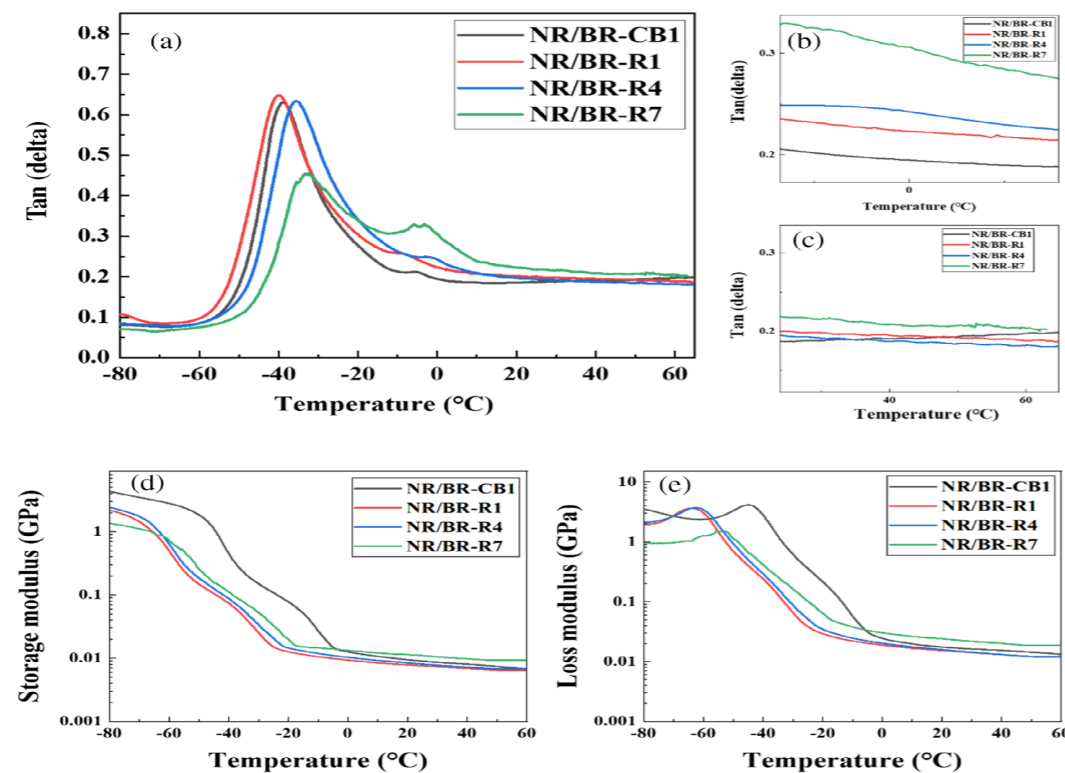


Figure 4 – Dynamic mechanical properties of NR/BR/RR blends reinforced with CB. BR, butadiene rubber; CB, carbon black; NR, natural rubber; RR, reclaimed rubber [Color figure can be viewed at wileyonlinelibrary.com]

Otherwise, the $\tan\delta$ at 60 C represents the rolling resistance of the rubber, from Figure 4 (c), it can be seen that high wet skid resistance and low friction and rolling resistance cannot be realized by R7 concurrently. The hundred microns of gel particles in R7 will bring higher heat generation and energy consumption. However, R1 and R4 with higher reclaimation degree can give rise to excellent dynamic mechanical properties.

Flexing fatigue life of rubber-like materials mainly depends on mechanical damage, chemical damage, and thermal damage. RR with lower Mooney viscosity can be used as a multifunctional modifier in tire sidewall, while improving aging resistance and flexing fatigue resistance at the same time. The loss of dynamic mechanical properties caused by micron gel particles can also be remitted. In addition, the sol fraction with low molecular weight and the CB covered by gel fraction can be used as substitutes for aromatic oil and part of the CB in traditional sidewall formula, which can promote the application of RR in tire sidewall and lower the cost for industrial tire manufacturing. Therefore, the RR prepared by this work is expected to be high performance fillers in tire sidewall and fulfill sustainable development of tire manufacturing [16].

Conclusion

The experiment reports the characterisation of naturally occurring oils in 100% NR based formulation, NR/BR blend and SSSBR/NR/BR blend based Bias and Radial Tyre Tread formulations. It was observed that compounds mixed with naturally occurring oils showed better abrasion properties in all the cases, which was further supported by better polymer–filler interaction and filler dispersion observed in the compounds having natural oils. The improvement in the above properties may also improve the performance properties of the tyre. Thus, ecofriendly processing oils can be used in rubber industry as cost effective material [11].

For the sidewall rubber RRs with different reclaiming degree were prepared by single-screw extruder. Their composition and structure were analyzed by characterizing the sol and gel fraction of RR respectively and its influence on the performance of the compounds was also investigated. The conclusions were summarized as follows:

1 The composition and structure of RR were changed with the increase of the reclaiming degree. The Mooney viscosity of RR decreased with the reclaiming degree as well as the sole content and the content of rubber hydrocarbon in gel fraction. In addition, the molecular weight of sol fraction was reduced and the molecular weight distribution was widened.

2 After blending with NR/BR, the addition of RR was able to increase the curing efficiency of the compounds, which might be attributed to the release of contained vulcanization assistants and free sulfur radicals as the cross-linking network collapsing during the reclaimation process. Also, with the advantages of low Mooney viscosity and high sol content, R1 can completely replace the aromatic oil softener in the traditional formula, improving the processability of rubber compounds.

3 Furthermore, the dispersive scale of R1, R4, and R7 in tire sidewall decreased to a micro-nano scale with the reclaiming degree. R1 and R4 can improve the wet skid resistance of the rubber compounds while reducing its rolling resistance. Moreover, R1, R4, and R7 can excellently improve the flexing fatigue resistance of the rubber

compounds 10–20 times of traditional formula, which greatly improved the dynamic mechanical properties and the flexing fatigue resistance without affecting the basic mechanical properties severely.

With advantages of excellent dynamic mechanical performance, high flexing fatigue resistance, micro-nano reclamation has potential prospects in the field of tire sidewall applications in the future [16].

REFERENCES

- 1 **Zapp, R. L.** Rubber // Chem. Technol. – 1973. – Vol. 46. – P. 251. – <http://dx.doi.org/10.5254/1.3545016>.
- 2 **Rodgers, M. B., Solis, S. C., Tambe, N., Sharma, B. B.,** Rubber // Chem. Technol. – 2008, Vol. – 81. P. 600.
- 3 **Hongmei Zhang.** Ph.D. thesis. University of Twente, Enschede, the Netherlands, 2009-8-5.
- 4 **Kaushik, P. et al.** Effect of fillers and nitrile blended PVC on natural rubber/high styrene rubber with nanosilica blends Morphology and wear // Materials and Design, 2010. – Vol. 31. P. 25–34.
- 5 **Harper, C. A.** Modern Plastics Handbook. – McGraw Hill Co., Inc., 2000.
- 6 **Chung Ho Shin and Dae Su Kim.** Effects of rubber type on the curing and physical properties of silica filled rubber compounds // Polymer. Adv. Technol. – 2008. – Vol. 19. – P. 1062–1068.
- 7 **Kaushik, P. et al.** Influence of fillers on NR/SBR/XNBR blends // Morphology and Wear, Tribology International, 2009.
- 8 **Naskar, N., Debnath, S.C. and Basu, D.K.** Novel method for preparation of carboxylated nitrile rubber–natural rubber blends using bis(diisopropyl) thiophosphoryl polysulfides // J Appl Polym Sci. – 2001. – Vol. – 80(10). – P. 1725–36.
- 9 **Pham Thi Hao, Hanafi Ismail, and Azanam S. Hashim.** Study of two types of styrene butadiene rubber in tire tread compounds // Polymer Testing, 2001. – Vol. – 20. – P. 539–544.
- 10 **Basfar et al.** Influence of different curing systems on the physico-mechanical properties and stability of SBR and NR rubbers // Radiation Physics and Chemistry. – Saudi Arabia, 2002. – Vol. 63. – P. 81–87.
- 11 **Dasgupta S. et al.** Polymer // Testing 28. – 2009. – P. 251–263.
- 12 **Mostafa et al.** Insight into the effect of CB loading on tension, compression, hardness and abrasion properties of SBR and NBR filled compounds // Materials and Design. – 2009. – Vol. 30. – P. 1785–1791.
- 13 **Zhao, A., Shi, X. Y., Sun, S. H., Zhang H. M., Zuo, M., Song, Y. H., Zheng Q.** // Chin. J. Polym. Sci. – 2021 – Vol. 39. – P.81.
- 14 **Rattanasom N., Poonsuk A., Makmoon T.** Polym // Test. – 2005. – Vol. 24. – P. 728.
- 15 **Fukumori, K., Matsushita, M., Okamoto, H., Sato, N., Suzuki Y., Takeuchi K.** JSAE // Rev. – 2002. – Vol. 23. – P. 259.

16 **Ma L., Zhang Z., Peng Z., Formela K., Wang S.** // J Appl Polym Sci. – 2021. – Vol. 138(44). – e51290. – <https://doi.org/10.1002/app.51290>.

Material received on 17.12.21.

***В. А. Дахам**

Ирак, г. Багдад.

Материал поступил в редакцию 17.12.21.

УЛУЧШЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РЕЗИНОВОЙ СМЕСИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Люди переходят от использования технологических масел на основе ископаемого топлива к маслам природного происхождения, и ограничение на использование масел-наполнителей с высоким содержанием ПХА к декабрю 2009 года приводит к поиску масел природного происхождения. Согласно отчету КЕМИ, продукты с содержанием полициклических ароматических соединений, ПХА, превышающим 3 % по весу, должны быть маркированы. В отчете указывалось, что изношенный материал протектора шин разбрасывался по обочинам дорог, в результате чего в окружающую среду попадало большое количество ПХА. ПХА оказывает токсическое воздействие на водные организмы. Для резины боковины шины способом улучшения свойств является метод поэтапного уменьшения размера частиц геля в регенерированной резине до микро-наномасштаба, и в этой работе были представлены его превосходные динамические характеристики в боковине шины.

В настоящей работе два природных масла, масло нима и масло курунджа, были охарактеризованы в рецептуре на основе 100 % натурального каучука, смеси NR/BR на основе диагональной смеси для грузовых автомобилей и ребристых шин и смеси SSBR/NR/BR.

На основе резиновой смеси для протектора радиальных пассажирских шин. составы, изготовленные из природных масел, показали лучшие абразивные свойства. Было обнаружено, что эти масла подходят также из-за низкого содержания ПХА. Результаты для боковины шины показали, что размер частиц геля уменьшался с нескольких микрометров до микронанометров с увеличением степени регенерации, что сопровождалось снижением молекулярной массы и расширением молекулярно-массового распределения золь-фракции. Добавление регенерированного каучука с низкой вязкостью по Муни эффективно улучшало динамические механические свойства смесей натуральный каучук/бутадиеновый каучук, включая влагостойкость и сопротивление качению. Кроме того, сопротивление усталости при изгибе также было улучшено в десятки раз по сравнению с традиционными боковинами шин.

Ключевые слова: резина нити шины, резина боковины шины, наноструктурные полимеры, неполимерные материалы и композиты, резина.

*В. А. Дахам

Ирак, Багдад қ.

Материал баспаға 17.12.21 түсті.

**АВТОМОБИЛЬ ШИНАЛАРЫНЫҢ РЕЗЕҢКЕ ҚОСПАСЫНЫҢ
МЕХАНИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЖАҚСARTУ: ӘДЕБИЕТКЕ ШОЛУ**

Адамдар қазба отынына негізделген майларды пайдаланудан табиғи майға ауысады, ал РСА-мен байытылған майларды шектеу 2009 жылдың желтоқсанына дейін табиғи майларды іздеуге әкеледі. КАМІ есебіне сәйкес, құрамында полициклді хош иісті қосылыстар бар өнімдер, салмағы бойынша 3 %-дан асатын PCAS таңбалануы керек. Есепте тозған шина протекторының материалы жол бойында таралып, қоршаған ортаға көп мөлшерде РСА әкелетіні көрсетілген. РСА су организмдеріне улы әсер етеді. Бүйірлік шиналарға арналған резеңкеге келетін болсақ, қасиеттерді жақсарту әдісі-қалпына келтірілген резеңкедегі гель бөлшектерінің мөлшерін микро-наномдарға дейін біртіндеп азайту және бұл жұмыс шиналардың бүйірлеріндегі керемет динамикалық сипаттамаларын ұсынды.

Осы жұмыста екі табиғи май, неем майы және курунжа майы 100 % табиғи резеңке негізіндегі рецептпен сипатталды, жүк көліктеріне арналған NR/BR қоспасы мен шиналы шиналары бар шиналар мен жеңіл шиналарға арналған радиалды шиналарға арналған SSB/ NR/BR қоспалары.

Табиғи майлардан жасалған композициялар ең жақсы абразивті қасиеттерін көрсетті. Бұл майлар РСА құрамы төмен болғандықтан да қолайлы деп танылды. Шинаның бүйір қабырғасының нәтижелері гель бөлшектерінің мөлшері регенерация деңгейінің жоғарылауымен бірнеше микрометрден микрометрлерге дейін төмендегенін көрсетті, бұл молекулалық массаның төмендеуімен және күл фракциясының молекулалық-массалық таралуының кеңеюімен бірге жүреді. Мунидің төмен тұтқырлығы бар қалпына келтірілген Каучукты қосу табиғи резеңке және бутадиен резеңке қоспаларының динамикалық механикалық қасиеттерін, соның ішінде ылғалға төзімділік пен жылжымалы қарсылықты тиімді жақсартты. Сонымен қатар, ілді кезіндегі шаршауға төзімділік дәстүрлі шинаның бүйір қабырғасымен салыстырғанда ондаған есе жақсарды.

Кілтті сөздер: шина жіп резеңке, шинаның қабырғасының резинасы, наноқұрылымды полимерлер, полимерлік материалдар және композиттер, резеңке.

МРНТИ 73.29.41

<https://doi.org/10.48081/GQRV7549>*Р. Ю. Зарипов¹, А. Д. Сулейменов², Ж. Р. Каримова³^{1,2,3}Торайғыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар**ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЦЕЛЬНОМЕТАЛЛИЧЕСКИХ
ПОЛУВАГОНОВ**

Проведен анализ состояния инвентарного вагонного парка по построенным и списанным грузовым вагонам, а именно цельнометаллическим полувагонам. На основе статистических данных определено, что данный тип грузовых вагонов является самым многочисленным в составе инвентарного парка вагонов.

Приведены результаты исследований показателей надежности для кузова полувагона с последующим анализом отказов по узлам и деталям, которые требуется усовершенствовать при проектировании вагона нового поколения для максимальной адаптации их к средствам механизации при погрузочно-разгрузочных работах.

В качестве исходных данных для анализа параметров надежности приняты данные по распределению отказов в целом по несущей конструкции кузова. При анализе надежности за основу взяли расчет безотказности, что оценивает работоспособность вагона с начального периода эксплуатации до первого деповского ремонта, или между отцепочными при условии полного восстановления неисправных или поврежденных узлов и деталей кузова вагона.

В ходе проведения исследований принят ряд рекомендаций, способствующих повышению надежности конструкции кузова полувагона. Для исследования надежности кузовов в целом и их частей, и элементов в частности, по полученным из эксплуатации материалам выведена и построена гистограмма параметра потока отказов от времени. Зависимость описывается по экспоненциальному закону и показывает снижение параметра потока отказов с ростом календарного срока использований после деповского ремонта.

Ключевые слова: полувагон, надежность, вероятность безотказной работы, отказ, пробег.

Введение

Полувагон предназначен для общесетевого использования на железных дорогах Казахстана, стран СНГ и Балтии колеи 1520 мм для перевозки массовых неагрессивных грузов, не требующих защиты от атмосферных осадков: насыпных непылевидных, навалочных, штабельных и штучных с креплением их в соответствии с требованиями правил погрузки.

Полувагоны являются основной «движущей силой» инвентарного парка грузовых вагонов Казахстана, что подтверждается данными [1], графически отраженными на рисунке 1. Вместе с тем, основную часть вагонов частных компаний-перевозчиков также составляют полувагоны.

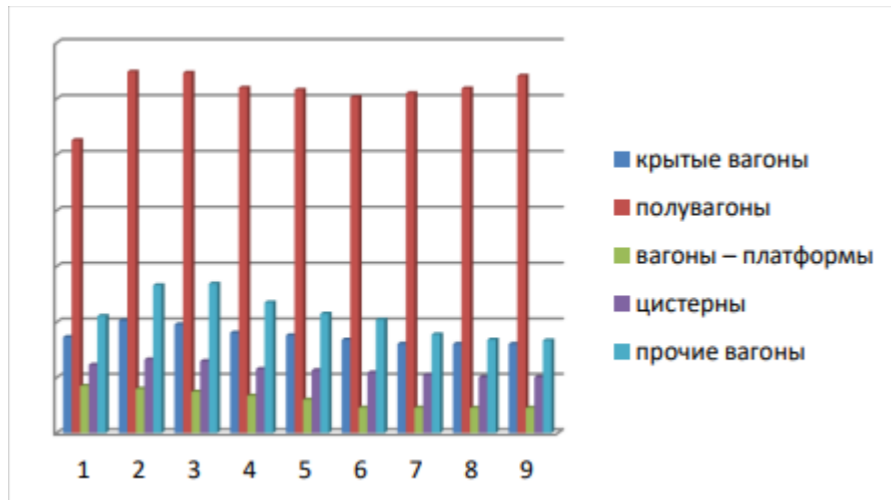


Рисунок 1 – График распределения количества вагонов по видам

Вместе с партнерами с АО НК «Қазақстан Темір Жолы» проведены исследования нынешнего состояния цельнометаллических полувагонов вагонного парка. Кафедра «Транспортная техника и логистика» факультета Инженерии имеет договора о сотрудничестве с предприятиями, такими как ТОО «Камкор Вагон», АО «ВагонСервис», а также Павлодарское отделение ФАО «Грузовые перевозки».

Материалы и методы

Были проведены исследования [2–8] с целью сбора статистических материалов характерных неисправностей и последующего анализа надежности элементов несущей конструкции кузовов цельнометаллических полувагонов.

Надежность вагонов, согласно [9], рассматривается как их свойство выполнять заданные функции в конкретных условиях работы, которые сохраняют во время применения выходные параметры в допустимых пределах. При анализе надежности за основу взяли расчет безотказности, что оценивает работоспособность вагона с начального периода эксплуатации до первого деповского ремонта, или между отцепочными ремонтами (ТО и Р) при условии полного восстановления неисправных или поврежденных узлов и деталей кузова вагона [9–10].

Безотказность вагона можно характеризовать с помощью плотности вероятностей отказа.

Вероятность отказа равна

$$Q(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\sum_{i=1}^t ni}{N_0} \tag{1}$$

Плотность распределения вероятности события $F(T)$ рассчитывается по выражению

$$F(\Delta T) = \frac{\Delta N(\Delta T)}{N_0 \Delta T}, \tag{2}$$

где $\Delta N(\Delta T)$ – количество отказов за промежуток времени ΔT

Исходя из этого, вероятность отказа рассчитывается по формуле

$$Q(t) = \int_0^t f(\tau) d\tau \text{ и } P(t) = \int_t^\infty f(\tau) d\tau \tag{3}$$

Как известно [8], оценить надежность полувагонов можно с помощью параметров безотказности, которыми является:

1) вероятность возникновения отказов $R(t)$ или вероятность безотказной работы $P(t)$. На конкретном промежутке времени показатель $P(t)$ относится к числовой характеристике безотказности вагона. Принимаем через промежуток времени P постоянной работы вагона от начала работы до первого отказа, а через I – промежуток времени, за который требуется вычислить $P(t)$, то $P(t)$ записываем в виде

$$P(t) = P\{T > t\}, t > 0 \tag{4}$$

Значение T является положительным и состоит из дискретного и непрерывного распределения. Показатель $P(t)$ позволяет в полной мере определять надежность вагона. Он имеет определенные характерные признаки

$$1 \geq P(t) \geq 0; P(0) = 1; P(\infty) = 0. \tag{5}$$

Статистически $P(t)$ равна

$$P(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{N_0 - \sum_{i=1}^{t/\Delta t} ni}{N_0} = \frac{N(t)}{N_0} \tag{6}$$

где N_0 – количество вагонов в начале испытаний;

ni – количество отказавших вагонов в промежутке времени i ;

t – промежуток времени для $P(t)$;

$N(t)$ – количество вагонов, работающих безотказно во времени $[0, t]$.

2) функция параметра серии отказов $\omega(t)$ определяет среднее количество отказавших вагонов, появившихся в ближайший период времени, и равна

$$\omega(t) = \Omega(t) \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{M\{n(t - \Delta t)\} - M\{n(t)\}}{\Delta t} \quad (7)$$

$\omega(t)$ связан с основной функцией выражением

$$\Omega(t) = \int_0^t \omega(\tau) d\tau \quad (8)$$

Используя метод статистического анализа $\omega(t)$ находится из формулы

$$\omega(t) = \frac{\Delta n(\Delta t)}{N_0 \Delta t} \quad (9)$$

где $\Delta n(\Delta t)$ – суммарное количество отказавших вагонов в промежутке времени

от $t - \frac{\Delta t}{2}$ до $t + \Delta t/2$

средняя наработка на отказ T_{cp} определяется как отношение наработки восстановленного вагона к математическому ожиданию количества его отказов в период наработки

$$T_0 \approx \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n t_{cp i} \quad (10)$$

где $t_{cp i}$ – период времени безотказной эксплуатации между $(i-1)$ и i отказами изделия;

N – количество отказов вагона.

Результаты и обсуждение

Исходными данными для анализа параметров надежности являются данные по распределению отказов в целом по несущей конструкции кузова, представленных на рисунке 2.

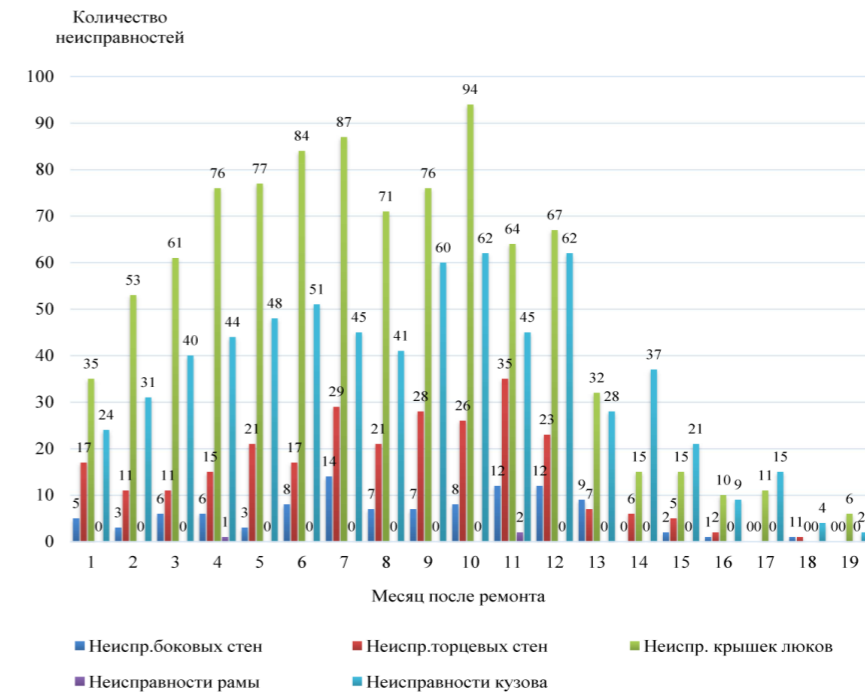


Рисунок 2 – Распределение отказов по несущей конструкции кузова

В начале исследования надежности в качестве закона распределения функции отказов вместо логарифмического или логарифмически-нормального закона был принят экспоненциальный закон [9].

Для исследования надежности кузовов в целом и их частей, и элементов в частности, по полученным из эксплуатации материалам была выведена и построена гистограмма параметра потока отказов от времени (рисунок 3). Зависимость описывается по экспоненциальному закону и показывает снижение параметра потока отказов с ростом календарного срока использований после деповского ремонта [10].

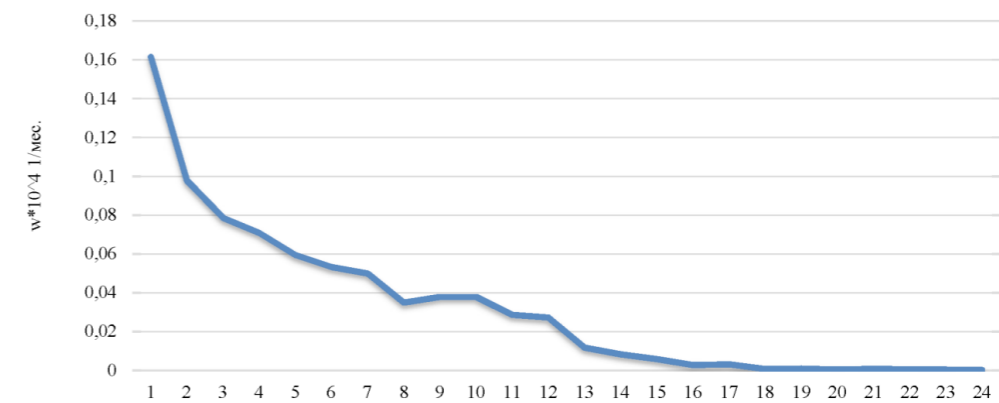


Рисунок 3 – Распределение параметров потока отказов полувагона

Гистограмма распределения наработки элементов кузова полувагона до отказа отражает максимальное значение наработки на отказ в количестве 6024 часов на завершающем этапе эксплуатации вагона перед следующим плановым ремонтом (рисунок 4).

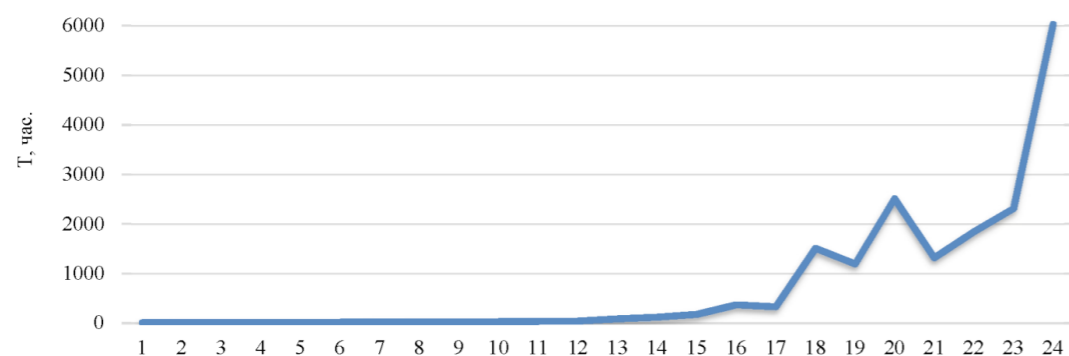


Рисунок 4 – Нарботка на отказ полувагона за расчетный период

По графику (рисунок 5) отметим, что вероятность безотказной работы полувагона является убывающей функцией времени его работы или пробега, т. е. с ростом пробега вероятность безотказной работы снижается. При бесконечно малом значении вероятности безотказной работы равна единице, то есть $P(0) = 1$; при бесконечно высоком значении пробега в ходе эксплуатации вероятность безотказной работы равна нулю, то есть $P(t) = 0$.

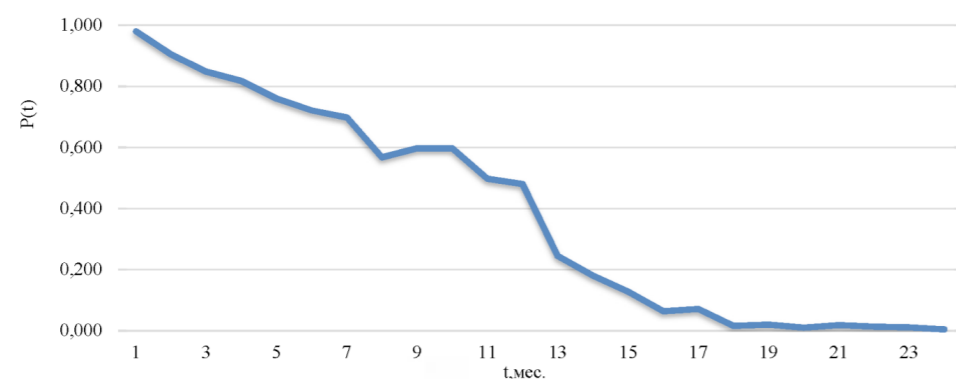


Рисунок 5 – Вероятность безотказной работы полувагона

Вероятность возникновения отказа $R(t)$ и вероятность безотказной работы $P(t)$ (рисунок 6) являются противоположными событиями. В начальный момент эксплуатации вероятность $R(t)$ равняется нулю, в процессе работы полувагона показатели вероятности возникновения отказов будут увеличиваться и на девятнадцатом месяце достигнут максимального значения, которое будет постоянно вплоть до следующего ремонта.

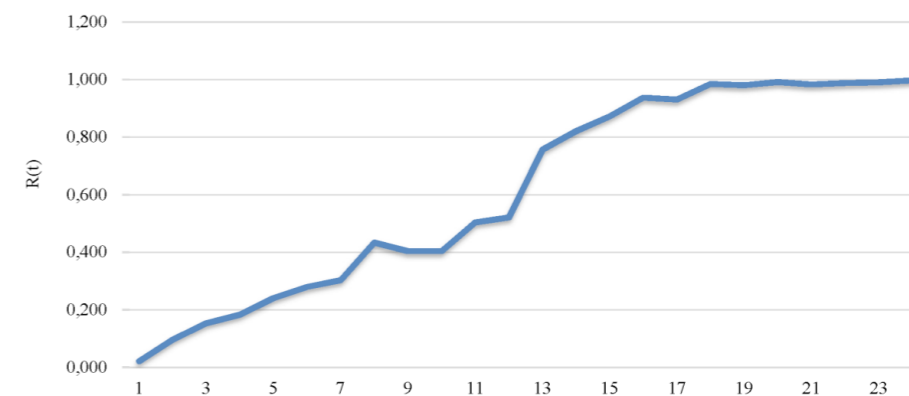


Рисунок 6 –Вероятность возникновения отказов

Выводы

В ходе проведения исследований принят ряд рекомендаций, способствующих повышению надежности конструкции кузова полувагона, такие как:

- укрепление слабых мест путем доработки существующих конструкций;
- проектирование новых конструкций;
- применение новых способов [11–12] и технических средств погрузочно-разгрузочных работ.

Применение предложенных рекомендаций позволит значительно улучшить результаты, приведённые на рисунках 3–6 при соответствующем расширении выборки исследуемых объектов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Комитет по Статистике Республики Казахстан : информационный портал. [Электронный ресурс]. – Режим доступа. – URL: <http://www.stat.gov.kz>, 2021. – 1 с.
- 2 M. Placzek, A. Wróbel and A. Buchacz /A concept of technology for freight wagons modernization // Materials Science and Engineering. – 161. – 2016. – 012107. – doi:10.1088/1757-899X/161/1/012107.
- 3 Бектуров К. Б., Зарипов Р. Ю., Медведев А. С., Каербек Д. Ж. Перспективы применения композиционных материалов в грузовом вагоностроении // Журнал Наука и техника Казахстана. – 2017. – № 1–2. – 25–34 с.
- 4 Чепурченко И. В. Анализ надежности конструкций кузовов полувагонов в эксплуатации / И. В. Чепурченко, Д. Я. Носырев, И. Ю. Крошечкина // Наука и техника транспорта, 2018. – № 4. – С. 34–40
- 5 Gerlici, J., Fomina, Y., Fomin O., Kravchenko K., Hausera V. Analysis of the possibility of the use of tough side bearers in the covered wagons design for the light-weight loads transportation / Juraj Gerlici et al. // Transportation Research Procedia. – 40. – 2019. – P. 694–702

6 **Voropai, V.** Development of a design-experimental methodology for the prediction of reliable exploitation of freight railway wagons. // Transport problems. – 2017. – Vol. 12. – Issue 3.

7 **Битюцкий, А. А.** Пути повышения эффективности грузовых вагонов, выпускаемых российскими вагоностроительными предприятиями // Тяжелое машиностроение. – 2008. – № 2. – С. 29–33.

8 ГОСТ 27.002–2015 Надежность в технике. Термины и определения. – М. : Стандартиформ, 2016. – 24 с.

9 Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). – М. : ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 2016. – 319 с.

10 Конструирование и расчет вагонов : учеб. для студентов вузов / В. В. Лукин [и др.]; под ред. В. В. Лукина. – М. : УМК МПС РФ, 2000. – 731 с.

11 **Zaripov, R. & Gavrilov, P.** Research opportunities to improve technical and economic performance of freight wagon through the introduction of lightweight materials in their construction. // Journal «Procedia Engineering». – 2017. – Vol. 187. – P. 22–29.

12 **Lovska, A.** Peculiarities of computer modeling of strength of body bearing construction of gondola car during transportation by ferry-bridge // Metallurgical and Mining Industry. – 2015. – No. 1. – P. 49–54.

REFERENCES

1 Komitet po Statistike Respubliki Kazahstan: informacionnyj portal. [Electronic resource]. – URL: <http://www.stat.gov.kz>. – 2021. – 1 P.

2 **Placzek M., Wróbel A. and Buchacz A.** A concept of technology for freight wagons modernization // Materials Science and Engineering. – 161. – 2016. – 012107. – doi:10.1088/1757-899X/161/1/012107.

3 **Bekturov, K. B., Zaripov, R. Yu., Medvedev, A. S., Kaerbekov, D. Zh.** Perspektivy primeneniya kompozicionnyh materialov v gruzovom vagonostroenii // Zhurnal Nauka i Tekhnika Kazahstana. – 2017. – № 1–2. 25–34 p.

4 **Chepurchenko, I. V.** Analiz nadezhnosti konstrukcij kuzovov poluvagonov v ekspluatatsii / I. V. Сhepurchenko, D. Ya. Nosyrev, I. Yu. Kroshechkina // Nauka i Tekhnika Transporta. – 2018. – № 4. – P. 34–40

5 **Gerlici J., Fomina Y., Fomin O., Kravchenko K., Hausera V.** Analysis of the possibility of the use of tough side bearers in the covered wagons design for the light-weight loads transportation Juraj Gerlici et al. // Transportation Research Procedia. – 40. – 2019. – P. 694–702.

6 **Voropai, V.** Development of a design-experimental methodology for the prediction of reliable exploitation of freight railway cars // Transport problems. – 2017 Vol. 12. – Issue 3.

7 **Битюцкий, А. А.** Пути повышения эффективности грузовых вагонов, выпускаемых российскими вагоностроительными предприятиями // Тяжелое машиностроение. – 2008. – № 2. – P. 29–33.

8 GOST 27.002–2015 Nadezhnost' v tekhnike. Terminy i opredeleniya. – Moscow. : Standartinform, 2016. – 24 p.

9 Normy dlya rascheta i proektirovaniya vagonov zheleznyh dorog MPS kolei 1520 mm (nesamohodnyh). – Moscow : GosNIIV-VNIIZHT, 2016. – 319 p.

10 Konstruirovaniye i raschet vagonov: ucheb. dlya studentov vuzov / V. V. Lukin [i dr.]; pod red. V. V. Lukina. – Moscow : UМК MPS RF, 2000. – 731 p.

11 **Zaripov, R. & Gavrilov, P.** Research opportunities to improve technical and economic performance of freight wagon through the introduction of lightweight materials in their construction. Journal «Procedia Engineering». – 2017. – Vol. 187. – P. 22–29.

12 **Lovska A.** Peculiarities of computer modeling of strength of body bearing construction of gondola car during transportation by ferry-bridge Metallurgical and Mining Industry. – 2015. – No. 1. – P. 49–54.

Материал поступил в редакцию 17.12.21/

***Р. Ю. Зарипов¹, А. Д. Сулейменов², Ж. Р. Каримова³**

^{1,2,3}Торайғыров университеті,

Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

Материал баспаға 17.12.21 түсті.

ТҮТАС МЕТАЛДЫ АШЫҚ ВАГОНДАРДЫҢ СЕНІМДІЛІГІН ЗЕРТТЕУ

Салынған және есептен шығарылған жүк вагондары, атап айтқанда тұтас металды ашық вагондар бойынша мұқаммалдық Вагон паркінің жай-күйіне талдау жүргізілді. Статистикалық деректер негізінде жүк вагондарының бұл түрі вагондардың мұқаммал паркінің құрамында ең көп болып табылатыны анықталды.

Тиеу-түсіру жұмыстары кезінде механикаландыру құралдарына барынша бейімдеу үшін жаңа буын вагонын жобалау кезінде жетілдіру талап етілетін түйіндер мен бөлшектер бойынша істен шығуларды кейіннен талдай отырып, жартылай вагон шанағына арналған сенімділік көрсеткіштерін зерттеу нәтижелері келтірілген.

Сенімділік параметрлерін талдау үшін бастапқы деректер ретінде корпусның тірек құрылымы бойынша жалпы сәтсіздіктерді бөлу туралы мәліметтер қабылданды, сенімділікті талдау кезінде сенімділік есебі негізге алынды, ол вагонның жұмыс қабілеттілігін пайдаланудың бастапқы кезеңінен бастап деполық жөндеуге дейін немесе вагон корпусының ақаулы немесе зақымдалған бөліктері мен бөліктері толық қалпына келтірілген жағдайда бағалайды. зерттеулер жүргізу барысында жартылай вагон корпусының конструкциясының сенімділігін арттыруға ықпал ететін бірқатар ұсыныстар қабылданды.

Тұтастай алғанда денелердің және олардың бөліктерінің, атап айтқанда элементтердің сенімділігін зерттеу үшін пайдаланудан

алынған материалдар бойынша уақыттың істен шығу ағынының параметрінің гистограммасы шығарылып, салынды. Тәуелділік экспоненциалды заңға сәйкес сипатталады және деполық жөндеуден кейін күнтізбелік пайдалану мерзімінің өсуімен сәтсіздік ағынының параметрінің төмендеуін көрсетеді.

Кілтті сөздер: ашық вагон, сенімділік, үздіксіз жұмыс істеу ықтималдығы, істен шығу, жүрілген жол.

***R. Y. Zaripov¹, A. D. Suleimenov², Zh. R. Karimova³**

^{1,2,3}Toraighyrov University,
Republic of Kazakhstan, Pavlodar.
Material received on 17.12.21.

INVESTIGATION OF THE RELIABILITY OF ALL-METAL GONDOLA CARS

The analysis of the car fleet of the inventory condition for built and decommissioned freight cars, namely all-metal gondola cars, was carried out. Based on statistical data, it is determined that this type of freight cars is the most numerous in the inventory fleet of wagons.

The results of studies of reliability indicators for the body of a gondola wagon are presented, followed by an analysis of failures in nodes and parts that need to be improved when designing a new generation wagon for maximum adaptation to mechanization during loading and unloading operations.

As initial data for the analysis of reliability parameters, data on the distribution of failures in general over the load-bearing structure of the body were taken as the basis for reliability analysis, which evaluates the operability of the wagon from the initial period of operation to the first depot repair, or between uncoupling, subject to complete restoration of faulty or damaged components and parts of the wagon body. The dependence is described according to an exponential law and shows a decrease in the failure flow parameter with an increase in the calendar period of use after depot repair.

Keywords: gondola wagon, reliability, probability of trouble-free operation, failure, mileage.

МРНТИ 55.42.29

<https://doi.org/10.48081/ZKDZ2211>

А. Р. Кульчицкий¹, Ю. И. Честнов²

^{1,2}АО «Камешковский механический завод»,
Российская Федерация, г. Камешково

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕЦИРКУЛЯЦИИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ В ДИЗЕЛЯХ

Метод рециркуляции отработавших газов в двигателях внутреннего сгорания и отходящих газов в промышленных установках применяют для уменьшения образования оксидов азота в ходе процесса сжигания топлива. Этот эффект достигается, в основном, благодаря разбавлению воздуха, участвующего в сгорании топлива, продуктами сгорания, в которых концентрация кислорода значительно меньше, чем в атмосферном воздухе. Соответственно, чем в большей степени свежий заряд воздуха замещается на продукты сгорания, тем в большей степени проявляется указанный эффект. Однако уменьшение концентрации кислорода в смеси воздушного заряда и продуктов сгорания является причиной увеличения неполноты сгорания топлива, т.е. приводит к повышению образования продуктов неполного сгорания: углеводородов, оксида углерода, углерода (последний продукт определяет уровень дымности ОГ).

Таким образом, степень замещения воздуха продуктами сгорания будет определяться значениями предельно допустимых концентраций оксидов азота и продуктов неполного сгорания, установленными в той или иной нормативной документации. Полученные в ходе данного исследования результаты показали, что повышение эффективности процесса рециркуляции отработавших газов в дизелях обеспечивается варьированием степени замещения ими воздушного заряда в зависимости от режима работы двигателя, и может достигать 80 % на режиме минимальных оборотов холостого хода. Однако на режимах полной мощности, отличающихся повышенным сажеобразованием, применение рециркуляции отработавших газов нежелательно.

Ключевые слова: дизель, рециркуляция, отработавшие газы, оксиды азота; дымность, температура отработавших газов.

Введение

Процесс сгорания топлив (твердых, жидких, газообразных) независимо от источника их происхождения сопровождается образованием вредных веществ (ВВ). Одним из таких ВВ являются оксиды азота NO_x – продукт окисления азота, содержащегося в воздухе, кислородом, также содержащимся в воздухе. Обязательным условием при этом является наличие высокой температуры в зоне продуктов сгорания (более 2000 °С) вследствие процесса горения. Таким

образом, процесс образования оксидов азота не зависит от химической природы топлива [1]. Это является принципиальным отличием от процессов образования, в частности, углеводородов C_nH_m , оксида углерода CO, углерода C и диоксида углерода CO_2 , являющихся продуктами окисления углерода и водорода – основных составляющих топлива.

В процессе сжигания топлив интенсивно потребляется кислород из воздуха, содержание же азота в продуктах сгорания почти не отличается от его содержания в воздухе. Соответственно воздействовать на количество образующихся оксидов азота можно только через воздействие на концентрацию кислорода, а также на величину температуры продуктов сгорания. Одним из наиболее эффективных методов уменьшения образования NO_x является рециркуляция отработавших газов (ОГ) – Exhaust Gas Recirculation (EGR): замещение части воздушного заряда продуктами сгорания. Данное влияние определяется, во-первых, уменьшением концентрации кислорода в смеси воздушного заряда и продуктов сгорания, а во-вторых, повышением теплоемкости смеси воздуха и ОГ вследствие увеличения концентрации диоксида углерода CO_2 , что приводит к понижению температуры сгорания и соответственно – температуры в зоне продуктов сгорания.

Отрицательным моментом применения метода EGR является увеличение содержания в ОГ продуктов неполного сгорания топлива: CO, C_nH_m и C (что обуславливает ухудшение топливной экономичности). Именно это обстоятельство является граничным условием степени замещения воздушного заряда продуктами сгорания, поскольку выброс указанных вредных веществ и NO_x подлежит нормированию в соответствии с международными и национальными стандартами, регламентирующими экологический уровень двигателей и транспортных средств.

Эффективность применения метода EGR прямо пропорциональна степени замещения воздушного заряда продуктами сгорания и обратно пропорциональна повышению температуры смеси воздушного заряда и рециркулируемых газов (поскольку последние имеют температуру гораздо выше температуры воздушного заряда). Последнее обстоятельство приводит к увеличению образования NO_x , и для снижения подобного эффекта применяется охлаждение рециркулируемых газов [1]. Негативное воздействие оказывает также загрязнение смазочного масла увеличенным содержанием сажи в цилиндре двигателя; для нейтрализации этого эффекта в системе EGR устанавливают фильтр, уменьшающий проникновение в цилиндр двигателя сажи [2].

Материалы и методы

Экологический уровень двигателя оценивается при испытаниях по так называемому «испытательному циклу» (ИЦ), представляющему собой совокупность наиболее вероятных режимов работы двигателя в условиях эксплуатации. Например, для двигателей, устанавливаемых на сельскохозяйственные и лесохозяйственные трактора, нормирование проводится по 8-ступенчатому ИЦ согласно Правилам ООН № 96: из этих 8 режимов два соответствуют режиму полной подачи топлива (номинальная мощность и максимальный крутящий

момент), а остальные – это режимы частичной мощности, из которых один – это режим минимальных оборотов холостого хода.

Нормированию подлежит удельный выброс каждого ВВ с ОГ $g_{вв}$, который учитывает для каждого из 8 режимов концентрацию вредного вещества, расходы воздуха и топлива, а также вероятность каждого из режимов для условного процесса эксплуатации (через коэффициент весоности режима K). Согласно Правилам №96 расчёт $g_{вв}$ производится по формуле:

$$g_{вв} = \frac{\sum_1^n W_{вви} \cdot (G_{ви} + G_{ти})}{\sum_1^n (N_{ei} \cdot K_i)}, \text{ г/(кВт} \cdot \text{ч)},$$

где $W_{вв}$ – концентрация вредного вещества в ОГ, ppm;

$G_{в}$ – массовый расход воздушного заряда, кг/ч;

$G_{т}$ – массовый расход топлива, кг/ч;

N_e – мощность двигателя, кВт;

K – коэффициент весоности режима;

i – номер режима по ИЦ ($i = 1, \dots, 8; n = 8$).

Анализ этой формулы показывает, что значения N_{ei} для конкретного двигателя постоянные, т.е. варьировать ими невозможно. Значения коэффициента весоности K также фиксированы согласно Правилам ООН № 96. Значением $G_{т}$ можно пренебречь, поскольку оно в несколько десятков раз меньше, чем величина $G_{в}$. Соответственно, воздействовать на величину $g_{вв}$ можно только через изменение значений $G_{в}$ и $W_{вв}$.

Система EGR позволяет управлять значениями обеих величин: концентрацией NO_x в ОГ (как следствие влияния на состав газа в цилиндре) и расходом воздуха (как следствие замещения части воздушного заряда отработавшими газами). В пределе, если воздух полностью заместить на ОГ (100 % рециркуляция), то расход воздуха через двигатель станет равным нулю; соответственно, числитель уравнения будет также равен нулю. В действительности, 100 % рециркуляции достичь невозможно, поскольку для процесса горения нужен кислород, концентрация которого от цикла к циклу будет снижаться и, в конце концов, его будет недостаточно для обеспечения горения.

Что касается зависимости концентрации NO_x в ОГ от нагрузки (независимо от скоростного режима), то она носит нелинейный характер с общей тенденцией прямой пропорциональности. И такая зависимость сохраняется до нагрузки, при которой начинается резкий рост сажеобразования, что визуально проявляется как резкое увеличение дымности ОГ (в зависимости от организации рабочего процесса эта нагрузка может составлять 90...100 % от полной) [3]. Соответственно, вклад в общий выброс NO_x тем больше, чем выше нагрузка (особенно это характерно для двигателей с наддувом, поскольку у них с ростом нагрузки увеличивается и

расход воздуха), т. е. для повышения эффективности системы EGR необходимо максимально сокращать выброс оксидов азота именно на режимах больших нагрузок.

Двигатели с внешним смесеобразованием независимо от нагрузки работают на топливоздушных смесях практически постоянного состава, причем близкого к стехиометрическому (коэффициент избытка воздуха $\alpha \sim 1$). В результате чего остаточная концентрация кислорода O_2 в ОГ этих двигателей не превышает 1%. В дизелях соотношение «топливо/воздух» зависит от величины нагрузки: при полной нагрузке $\alpha \geq 1,3 \dots 1,5$ (на дизелях с наддувом $\alpha \geq 1,7 \dots 2,2$), а на режимах холостого хода α может достигать значения 7...9, соответственно остаточная концентрация кислорода в ОГ колеблется в диапазоне 5...18 % [2, 3–5].

Таким образом, в дизелях на режимах малых и средних нагрузок концентрация O_2 в ОГ избыточна, поскольку превышает минимально необходимую для обеспечения процесса сгорания. Соответственно, подача в цилиндр двигателя некоторого количества ОГ не приведет к заметному ухудшению процесса сгорания, т.е. предельное значение степени рециркуляции K_r зависит от концентрации кислорода в ОГ, и чем меньше нагрузка на двигатель, тем более высокое значение степени рециркуляции можно обеспечить. Поэтому эффективность метода EGR на режимах полной нагрузки будет определяться понижением концентрации NO_x в ОГ, на малых нагрузках – снижением массового расхода воздуха, а на средних нагрузках – сочетанием обоих факторов.

Однако следует отметить, что предел рециркуляции, в немалой степени, зависит от предъявляемых требований к экологическому уровню дизелей, и поскольку экологические требования периодически ужесточаются, то и предельное значение рециркуляции периодически необходимо уточнять.

Достижение максимальной эффективности системы EGR возможно только за счет обеспечения постоянной обратной связи между величиной K_r и управляющим сигналом. В качестве последнего может быть взято значение концентрации кислорода в ОГ или температуры ОГ. В настоящей работе за базу взят сигнал от датчика температуры ОГ, что позволило сформировать достаточно простую управляющую функцию [6–12].

Результаты и обсуждение

Объекты испытаний: четырехцилиндровые дизели тракторного назначения с двух- и трёхклапанными головками цилиндров, с естественным впуском воздуха и турбонаддувом, с различными моделями топливных насосов высокого давления (ТНВД) и турбокомпрессоров (ТКР).

Средство измерения концентрации кислорода и оксидов азота – комплексный анализатор «Com/NOx 4000», дымности ОГ – дымомер «415S» (оба производства ф. AVL, Австрия).

Степень рециркуляции K_r определялась по степени замещения воздушного заряда отработавшими газами:

$$K_r = 100 \cdot \frac{(V_{во} - V_{вр})}{V_{вр}}, \%,$$

где $V_{во}$ и $V_{вр}$, м³/ч – объемные расходы воздуха без рециркуляции и при рециркуляции ОГ соответственно.

Результаты оптимизации регулировок системы EGR при граничном условии по пределу дымности ОГ позволили достичь максимальной степени рециркуляции на режиме минимальных оборотов холостого хода при условии охлаждения рециркулируемых газов. Предельное значение дымности в 35 % по шкале Hartridge принято из условия обеспечения текущих требований к экологическому уровню тракторных дизелей указанной мощности в соответствии с Техническим регламентом Таможенного союза 031/2012 «О безопасности сельскохозяйственных и лесохозяйственных тракторов и прицепов к ним».

Результаты испытаний показали увеличение концентрации NO_x в ОГ на режимах полной нагрузки, что указывает на преобладающее влияние подогрева воздушного заряда по отношению к снижению концентрации кислорода в ОГ. В связи с этим в окончательном варианте было принято решение отказаться от рециркуляции на этих режимах. В результате, итоговое снижение удельного выброса NO_x при испытаниях по 8-ступенчатому ИЦ составило 40% при обеспечении охлаждения рециркулируемых газов, а в случае отсутствия охлаждения – не более 10 % (при резком росте – в 1,5...2,0 раза – дымности ОГ и эмиссии CO в последнем случае).

Проведенные испытания двигателей при раз личных комплектациях и регулировках в широком диапазоне нагрузок и частот вращения коленчатого вала показали возможность создания достаточно простой системы управления, а именно: при всех упомянутых изменениях зависимость предельного (по величине дымности ОГ) значения замещения воздушного заряда рециркулируемыми газами оказалась линейно зависящей от температуры ОГ t_r (рисунок 1).

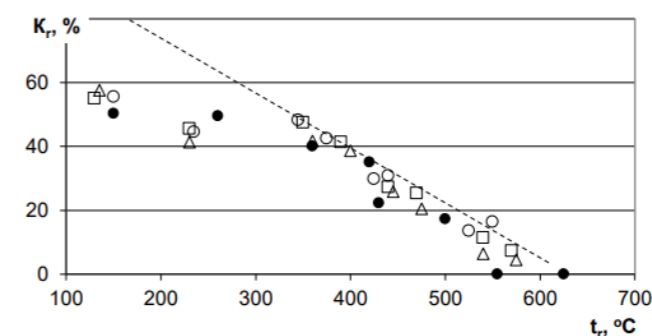


Рисунок 1 – Зависимость степени замещения воздушного заряда рециркулируемыми газами K_r от температуры отработавших газов t_r двигателя с турбонаддувом.

Отклонение от линейности при температурах ниже 350 °С обусловлено недостаточным проходным сечением системы EGR (величина проходного сечения клапана системы рециркуляции изменялась обратно пропорционально значению температуры ОГ), что не позволило обеспечить максимально возможную K_p . В результате, наибольшее значение последней составило 57,6 %, хотя возможно было увеличение и до 80 % при 150 °С (штриховая линия), т. е. на режиме минимальных оборотов холостого хода (см. рисунок 1).

Следует отметить, что экономичность тракторных дизелей в соответствии с техническими условиями на них оценивается расходом топлива на номинальной (или эксплуатационной) мощности. Поскольку на этом режиме рециркуляция ОГ в окончательном варианте не применялась, то показатели экономичности двигателей соответствовали показателям для штатной комплектации двигателя, т.е. для случая без применения рециркуляции ОГ.

Выводы

Для уменьшения образования оксидов азота в дизелях одним из наиболее эффективных методов является рециркуляция отработавших газов. Эффективность применения данного метода прямо пропорциональна степени замещения воздушного заряда продуктами сгорания и обратно пропорциональна повышению температуры смеси воздушного заряда и рециркулируемых газов.

Результаты работы по оценке повышения эффективности процесса рециркуляции ОГ в дизелях показали следующее:

- предельное значение степени рециркуляции ОГ на каждом режиме работы дизеля определяется остаточной концентрацией кислорода в ОГ, значение которого должно обеспечить необходимую полноту сгорания топлива, и предельно допустимым значением дымности отработавших газов;

- для достижения максимальной эффективности системы рециркуляции использован сигнал от датчика температуры ОГ, что позволило сформировать управляющую функцию, имеющую практически линейную зависимость между управляющим сигналом и степенью рециркуляции;

- без применения промежуточного охлаждения рециркулируемых газов эффективность снижения выбросов оксидов азота при испытаниях по 8-ступенчатому испытательному циклу согласно Правилам ООН № 96 составила не более 10 % при одновременном увеличении в 1,5...2,0 раза эмиссии оксида углерода и дымности ОГ;

- использование промежуточного охлаждения рециркулируемых газов позволило достичь снижения удельного выброса оксидов азота на 40 % при обеспечении предельно допустимом значении дымности отработавших газов и удельном расходе топлива согласно техническим условиям на двигатели.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Таймаров, М. А., Лавирко, Ю. В.** Оценка интенсивности химических реакций образования оксидов азота при сжигании метано-водородных смесей различного состава // Вестник Технологического университета. – 2018. – Т. 21. – № 7. – С. 58–61.

2 **Камерлохер, В. А., Осинцев, А. И., Беляева, А. А.** К вопросу токсичности двигателей внутреннего сгорания // Молодой ученый. – 2015. – № 12-1(92). – С. 33–36.

3 **Марков, В. А., Баширов, Р. М., Габитов, И. И., Кислов, В. Г.** Токсичность отработавших газов дизелей. – Уфа : Изд-во БГАУ, 2000 – 144 с.

4 **Гаврилов, П., Зарипов, Р. Ю., Карку, А. Д., Серикпаев, Т. М.** Методы снижения токсичности отработавших газов дизеля // Наука и техника Казахстана. – 2019. – № 1. – С. 75–85.

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

6 **Бесекерский, В. А., Попов, Е. П.** Теория систем автоматического управления. Изд.4.е, перераб. и доп. СПб. : Профессия, 2003. – 752 с.

7 **Baumgard, K.** Exhaust Aftertreatment and Low Pressure Loop EGR / John Deere Power Systems. – USA, 2005. – 19 p.

8 **Mueller, V., Christmann, R., Muenz, S.** System Structure and Controller Concept for an Advanced Turbocharger-EGR System // SAE Internashinal. – 2005-01-3888. – 11 p.

9 Emission Control of Diesel-Fueled Vehicles. – Washington : Manufacturers of Emission Controls Association, 1997. – 22 p.

10 **Mattei, M., Luca Crippa, L., Galetti, M.** Stage IIIB-Tier 4i and Stage IV-Tier 4 Engine System Integration in Agricultural Tractors // AVL List GmbH and SAE International. – 2011. – P. 105–112.

11 **Gui X., Dou D., Mahakul D.** Integrated and Differentiated Solutions for Non-road Emissions Solutions // AVL List GmbH and SAE International. – 2011. – P. 121–126.

12 **Nikolova, D., Barzev, K.** Experimental emissions testing for SCR retrofitted off-road heavy-duty diesel engine over different engine-out setting // Bolgaria. EKOVARNA. – 2016. – P. 228–235.

- 1 **Taymarov, M. A., Lavirko, Yu. V.** Otsenka intensivnosti khimicheskikh reaktsiy obrazovaniya oksidov azota pri szhiganiі metano-vodorodnykh smesey razlichnogo sostava [Evaluation of the intensity of chemical reactions of the formation of nitrogen oxides during the combustion of methane-hydrogen mixtures of various compositions] // Bulletin of the Technological University. – 2018. – T. 21. – No. 7. – P. 58–61.
- 2 **Kamerlokher, V. A., Osintsev, A. I., Belyayeva, A. A.** K voprosu toksichnosti dvigateley vnutrennego sgoraniya [On the issue of toxicity of internal combustion engines] // Young scientist. – 2015. – No. 12-1 (92). – P. 33–36.
- 3 **Markov, V. A., Bashirov, R. M., Gabitov, I. I. and Kislov, V. G.** Toksichnost' otrabotavshikh gazov dizeley [Toxicity of exhaust gases of diesel engines]. – Ufa : Publishing House of BSAU, 2000. – 144 p.
- 4 **Gavrilov, P., Zaripov R. Yu., Karku A. D., Serikpayev T. M.** Metody snizheniya toksichnosti otrabotavshikh gazov dizelya [Methods for reducing the toxicity of diesel exhaust gases] // Science and Technology of Kazakhstan. – 2019. – No. 1. – P. 75–85.
- 5 **Ordabayev, Ye. K., Akhmetov S. I., Yesaulkov V. S.** O rasshirenii vozmozhnostey metoda retsirkulyatsii otrabotavshikh gazov v porshnevom dvigatele vnutrennego sgoraniya [On expanding the possibilities of the exhaust gas recirculation method in a piston internal combustion engine] // Science and Technology of Kazakhstan. – 2019. – No. 1. – P. 22–26.
- 6 **Besekersky, V. A., and Popov, E. P.** Teoriya sistem avomaticheskogo kontrolya [The theory of automatic control systems]. 4th ed. – St. Petersburg : Professiya, 2003. – 752 p.
- 7 **Baumgard K.** Exhaust Aftertreatment and Low Pressure Loop EGR / John Deere Power Systems. – USA 2005. – 19 p.
- 8 **Mueller, V., Christmann, R., Muenz, S.** System Structure and Controller Concept for an Advanced Turbocharger-EGR System // SAE Internashinal. – 2005-01-3888. – 11 p.
- 9 Emission Control of Diesel-Fueled Vehicles // Washington. Manufacturers of Emission Controls Association. – 1997. – 22 p.
- 10 **Mattei, M., Luca Crippa, L., Galetti M.** Stage IIIB-Tier 4i and Stage IV-Tier 4 Engine System Integration in Agricultural Tractors // AVL List GmbH and SAE International. – 2011. – P. 105–112.
- 11 **Gui, X., Dou D., Mahakul D.** Integrated and Differentiated Solutions for Non-road Emissions Solutions // AVL List GmbH and SAE International. – 2011. – P. 121–126.
- 12 **Nikolova, D., Barzev, K.** Experimental emissions testing for SCR retrofitted off-road heavy-duty diesel engine over different engine-out setting // Bolgaria. EKOVARNA. 2016. – P. 228–235.

Материал поступил в редакцию 17.12.21

***А. Р. Кульчицкий¹, Ю. И. Честнов²**

^{1,2}«Камешково механикалық зауыты» АҚ,
Ресей Федерациясы, Камешково қ.
Материал баспаға 17.12.21 түсті.

ДИЗЕЛЬДЕРДЕГІ ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ГАЗДАРДЫ РЕЦИРКУЛЯЦИЯЛАУ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ

Жану процесі кезінде азот оксидтерінің түзілуін азайту үшін іштен жанатын қозғалтқыштардағы пайдаланылған газдарды және өнеркәсіптік кәсіпорындардағы пайдаланылған газдарды рециркуляциялау әдісі қолданылады. Бұл әсер негізінен оттегінің концентрациясы атмосфералық ауаға қарағанда әлдеқайда төмен болатын жану өнімдерімен отынның жануына қатысатын ауаның сұйылтуы есебінен қол жеткізіледі. Тиісінше, ауаның таза заряды жану өнімдерімен қаншалықты ауыстырылса, соғұрлым бұл әсер көрінеді. Дегенмен, ауа заряды мен жану өнімдерінің қоспасындағы оттегі концентрациясының төмендеуі отынның жануының толық еместігінің жоғарылауын тудырады, яғни, толық емес жану өнімдерінің түзілуінің ұлғаюына әкеледі: көмірсутектер, көміртек тотығы, көміртек (соңғы өнім пайдаланылған газдың мөлдірлік деңгейін анықтайды).

Осылайша, жану өнімдерімен ауаны ауыстыру дәрежесі сол немесе басқа нормативтік құжаттамада белгіленген азот оксидтерімен толық емес жану өнімдерінің рұқсат етілген шекті концентрацияларының мәндерімен анықталады. Осы зерттеу барысында алынған нәтижелер дизельдік қозғалтқыштардағы пайдаланылған газды рециркуляциялау процесінің тиімділігін арттыру қозғалтқыштың жұмыс режиміне байланысты олармен ауа зарядын ауыстыру дәрежесін өзгерту арқылы қамтамасыз етілетінін және 80-ге жетуі мүмкін екенін көрсетті. % ең аз жылдамдық режимінде бір жаяу жүргініші. Алайда, күйенің пайда болуының жоғарылауымен сипатталатын толық қуат режимдерінде пайдаланылған газдың рециркуляциясын пайдалану қажет емес.

Кілті сөздер: дизель, рециркуляция, пайдаланылған газдар, азот оксидтері; түтін, пайдаланылған газ температурасы.

***A. R. Kulchitskiy¹, Yu. I. Chestnov²**

^{1,2}JSC «Kameshkovo Mechanical Plant»,
Russian Federation, Kameshkovo.
Material received on 17.12.21.

INCREASING THE EFFICIENCY OF EXHAUST GAS RECIRCULATION IN DIESELS

The method of recirculation of exhaust gases in internal combustion engines and exhaust gases in industrial plants is used to reduce the formation of nitrogen oxides during the combustion process. This effect is achieved mainly due to the dilution of the air involved in the combustion of fuel with combustion products, in which the oxygen concentration is much lower than in atmospheric air. Accordingly, the more the fresh charge of air is replaced by combustion products, the more this effect is manifested. However, a decrease in the oxygen concentration in the mixture of air charge and combustion products causes an increase in the incompleteness of fuel combustion, i.e. leads to an increase in the formation of products of incomplete combustion: hydrocarbons, carbon monoxide, carbon (the latter product determines the level of opacity of the exhaust gas).

Thus, the degree of air replacement by combustion products will be determined by the values of the maximum permissible concentrations of nitrogen oxides and products of incomplete combustion, established in one or another regulatory documentation. The results obtained in the course of this study showed that an increase in the efficiency of the exhaust gas recirculation process in diesel engines is ensured by varying the degree of replacement of the air charge by them depending on the engine operating mode, and can reach 80% in the minimum speed mode single walker. However, at full power modes, characterized by increased soot formation, the use of exhaust gas recirculation is undesirable.

Keywords: diesel, recirculation, exhaust gases, nitrogen oxides; smoke, exhaust gas temperature.

СВЕДЕНИЯ О АВТОРАХ

Абсолямова Динара Ризахметовна, техника ғылымдарының магистры, аға оқытушы, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: absolyamova.d@mail.ru

Абсолямова Динара Ризахметовна, магистр технических наук, ст. преподаватель, Факультет инженерии, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: absolyamova.d@mail.ru

Absolyamova Dinara Rizakhmetovna, Master of Technical Science, senior lecturer, Faculty of Engineering, Toraihyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: absolyamova.d@mail.ru

Аскарров Бахтияр Шарапиденович, PhD, Жолкөлік факультеті, Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды қ., 100000, Қазақстан Республикасы, e-mail: bahtiyar_askarov@mail.ru

Аскарров Бахтияр Шарапиденович, PhD, Транспортно-дорожный факультет, Карагандинский технический университет, г. Караганда, 100000, Республика Казахстан, e-mail: bahtiyar_askarov@mail.ru

Askarov Bakhtiyar Sharapidenovich, PhD, Transport and Road Faculty, Karaganda Technical University, Karaganda, 100000, Republic of Kazakhstan, e-mail: bahtiyar_askarov@mail.ru

Байсанов Алибек Сайлаубаевич, Пирометаллургиялық процестер зертханасының меңгерушісі, профессор, Ж. Әбішев атындағы ХМИ, Қарағанды қ. 100009, Қазақстан Республикасы, e-mail: alibekbaisanov@mail.ru

Байсанов Алибек Сайлаубаевич, Заведующий лабораторией пирометаллургических процессов, профессор, ХМИ имени Ж. Абишева, г. Караганда, 100009, Республика Казахстан, e-mail: alibekbaisanov@mail.ru

Baisanov Alibek Sailaubaeovich, Leader of the laboratories of pyrometallurgical processes, professor, Zh. Abishev ChMI, Karaganda, 100009, Republic of Kazakhstan, e-mail: alibekbaisanov@mail.ru

Балабаев Оюм Темірғалиевич, техника ғылымдарының кандидаты, доцент, Жолкөлік факультеті, Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды қ., 100000, Қазақстан Республикасы, e-mail: balabaev.ot@mail.ru

Балабаев Оюм Темірғалиевич, кандидат технических наук, доцент, Транспортно-дорожный факультет, Карагандинский технический университет, г. Караганда, 100000, Республика Казахстан, e-mail: balabaev.ot@mail.ru

Balabayev Oyum Temirgalievich, Candidate of Technical Sciences, associate professor, Transport and Road Faculty, Karaganda Technical University, Karaganda, 100000, Republic of Kazakhstan, e-mail: balabaev.ot@mail.ru

Барзов Александр Александрович, жетекші ғылыми қызметкер, техника ғылымдарының докторы, профессор, Физика факультеті, М. В. Ломоносов Мәскеу мемлекеттік университеті, Мәскеу қ., 119991, Ресей Федерациясы, e-mail: a.a.barzov@gmail.com

Барзов Александр Александрович, ведущий научный сотрудник, доктор технических наук, профессор, Физический факультет, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, 119991, Российская Федерация, e-mail: a.a.barzov@gmail.com

Barzov Alexander Alexandrovich, Leading Researcher, Doctor of Technical Sciences, professor, Faculty of Physics, Lomonosov Moscow State University, Moscow, 119991, Russian Federation, e-mail: a.a.barzov@gmail.com

Бочкарев Петр Юрьевич, техника ғылымдарының докторы, профессор, Н. И. Вавилов атындағы Саратов мемлекеттік аграрлық университеті, Саратов қ., 410012, Ресей Федерациясы, e-mail: bpy@mail.ru

Гумаров Гали Сагынғалиұлы, техника ғылымдарының докторы, профессор, Махамбет Өтемісов атындағы Батыс Қазақстан университеті, Орал қ., 090000, Қазақстан Республикасы, e-mail: ggs65@yandex.ru

Габдуллин Серик Токенович, техникалық ғылымдарының кандидаты, Химиялық талдау зертханасының меңгерушісі, Ж. Әбішев атындағы ХМИ, Қарағанды, 100009, Қазақстан, e-mail: s.gabdullin.63@mail.ru

Дахам Аббас Вахид Дахам, магистр, Бағдат қ., 10001, Ирак, e-mail: abbas.dahham2015@gmail.com

Жунусов Аблай Каиртасович, техника ғылымдарының кандидаты, қауым. профессор, «Металлургия» кафедрасы, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: zhunusov_ab@mail.ru

Жунусова Айгүл Каиргелдиновна, аға оқытушы, «Металлургия» кафедрасы, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: zhunusova.aig@mail.ru

Зарипов Рамис Юрисович, оқытушы, «Көлік техникасы және логистика» кафедрасы,

Бочкарёв Петр Юрьевич, доктор технических наук, профессор, Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова, г. Саратов, 410012, Российская Федерация, e-mail: bpy@mail.ru

Гумаров Гали Сагынғалиевич, доктор технических наук, профессор, Западно-Казахстанский университет имени Махамбета Утемисова, г. Уральск, 090000, Республика Казахстан, e-mail: ggs65@yandex.ru

Габдуллин Серик Токенович, кандидат технических наук, Заведующий лабораторией химического анализа, ХМИ имени Ж. Абишева, г. Караганда, 100009, Казахстан, e-mail: s.gabdullin.63@mail.ru

Дахам Аббас Вахид Дахам, магистр, г. Багдад, 10001, Ирак, e-mail: abbas.dahham2015@gmail.com

Жунусов Аблай Каиртасович кандидат технических наук, ассоциированный профессор, кафедра «Металлургия», Факультет Инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: zhunusov_ab@mail.ru

Жунусова Айгүл Каиргелдиновна, ст. преподаватель, кафедра «Металлургия», Факультет инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: zhunusova.aig@mail.ru

Зарипов Рамис Юрисович, преподаватель, кафедра «Транспортная техника

Bochkarev Peter Yurievich, Doctor of Technical Sciences, professor, Saratov State Vavilov Agrarian University, Saratov, 410012, Russian Federation, e-mail: bpy@mail.ru

Gumarov Gali Sagingalievich, Doctor of Technical Sciences, professor, Makhambet Utemisov West Kazakhstan State University, Uralsk, 090000, Republic of Kazakhstan, e-mail: ggs65@yandex.ru

Gabdullin Serik Tokenovich, PhD, Leading Leader of Chemical Analysis Laboratories, Zh. Abishev ChMI, Karaganda, 100009, Republic of Kazakhstan, e-mail: s.gabdullin.63@mail.ru

Dahham Abbas Waheed, Dahham, Master, Baghdad, 10001, Iraq, e-mail: abbas.dahham2015@gmail.com

Zhunusov Abylay Kairtassovich Candidate of Engineering Sciences, associate professor, Department of Metallurgy, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: zhunusov_ab@mail.ru

Zhunusova Aigul Kairgeldinova, senior lecturer, Department of Metallurgy, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: zhunusova.aig@mail.ru

Zaripov Ramis Yurisovich, teacher, Department of Transport Engineering and Logistics,

Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: ramis.zaripov@mail.ru

Кульчицкий Алексей Рэмович, техника ғылымдарының докторы, доцент, Сертификаттау жөніндегі маман, «Камешковский механикалық зауыты» АҚ, Камешково қ., 601300, Ресей Федерациясы, e-mail: ark6975@mail.ru

Кенжебекова Аиар Ерболатовна, докторант, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: kenzhebekova_psu@mail.ru

Касенов Асылбек Жумабекович, техника ғылымдарының кандидаты, профессор, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: asylbek_kasenov@mail.ru

Кенжекулов Каныш Кабылович, магистрант, Жол-көлік факультеті, Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды қ., 100000, Қазақстан Республикасы, e-mail: kanish_97@mail.ru

Камаров Аман Уахитович, техника ғылымдарының магистры, аға оқытушы, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: kamarov_aman@mail.ru

и логистика», Факультет инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: ramis.zaripov@mail.ru

Кульчицкий Алексей Рэмович, доктор технических наук, доцент, Специалист по сертификации, АО «Камешковский механический завод», г. Камешково, 601300, Российская Федерация, e-mail: ark6975@mail.ru

Кенжебекова Аиар Ерболатовна, докторант, Кафедра «Металлургия», Факультет Инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: kenzhebekova_psu@mail.ru

Касенов Асылбек Жумабекович, кандидат технических наук, профессор, Факультет инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: asylbek_kasenov@mail.ru

Кенжекулов Каныш Кабылович, магистрант, Транспортно-дорожный факультет, Карагандинский технический университет, г. Караганда, 100000, Республика Казахстан, e-mail: kanish_97@mail.ru

Камаров Аман Уахитович, магистр технических наук, ст. преподаватель, Факультет инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: kamarov_aman@mail.ru

Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: ramis.zaripov@mail.ru

Kulchitskiy Alexey Removich, Doctor of Science in technology, Certification Specialist, JSC «Kameshkovo Mechanical Plant», Kameshkovo, 601300, Russian Federation, e-mail: ark6975@mail.ru

Kenzhebekova Aiara Yerbolatovna, doctoral student, Department of Metallurgy, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: kenzhebekova_psu@mail.ru

Kassenov Assylbek Zhumabekovich, Candidate of Technical Sciences, professor, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: asylbek_kasenov@mail.ru

Kenzhekulov Kanysh Kabylovich, undergraduate student, Transport and Road Faculty, Karaganda Technical University, Karaganda, 100000, Republic of Kazakhstan, e-mail: kanish_97@mail.ru

Kamarov Aman Uakhitovich, Master of Technical Science, senior lecturer, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: kamarov_aman@mail.ru

Каримаова Жанар Рамазанқызы, аға оқытушы, «Көліктік техника және логистика» кафедрасы, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: T_zhanar@mail.ru

Каримова Жанар Рамазановна, старший преподаватель, кафедра «Транспортная техника и логистика», Факультет инженерии, Торайғыров Университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: T_zhanar@mail.ru

Karimova Zhanar Ramazanovna, Senior Lecturer, Department of Transport Engineering and Logistics, Faculty of Engineering, Toraigyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: T_zhanar@mail.ru

Қабылқайыр Дәурен Нурланович, техника ғылымдарының магистрі, аға оқытушы, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: kabylkairov91@mail.ru

Кабылқайыр Даурен Нурланович, магистр технических наук, ст.преподаватель, Факультет инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: kabylkairov91@mail.ru

Kabylkaiyr Dauren Nurlanovich, Master of Technical Sciences, senior lecturer, Faculty of Engineering, Toraigyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: kabylkairov91@mail.ru

Мустафин Адильбек Хамзинович, техника ғылымдарының кандидаты, профессор, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: mustafin-51@mail.ru

Мустафин Адильбек Хамзинович, кандидат технических наук, профессор, Факультет инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: mustafin-51@mail.ru

Mustafin Adilbek Hamzinovich, Candidate of Technical Sciences, Professor, Faculty of Engineering, Toraigyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: mustafin-51@mail.ru

Мардонов Бахтиёр Тешаевич, проректор, техника ғылымдары докторы, профессор, Науайы мемлекеттік тау-кен институты, Науайы қ., 706800, Өзбекістан, e-mail: mbt69@mail.ru

Мардонов Бахтиёр Тешаевич, проректор, доктор технических наук, профессор, Навоийский государственный горный институт, г. Навоий, 706800, Узбекистан, e-mail: mbt69@mail.ru

Mardonov Bakhtiyor Teshaeovich, Vice-rector, Doctor of Technical Sciences, Professor, Navoi State Mining Institute, Navoi, 706800, Uzbekistan, e-mail: mbt69@mail.ru

Муканов Руслан Батырбекович, техника ғылымдарының магистры, аға оқытушы, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: ruslangr82@mail.ru

Муканов Руслан Батырбекович, магистр технических наук, ст. преподаватель, Факультет инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: ruslangr82@mail.ru

Mukanov Ruslan Baturbekovich, Master of Technical Science, senior lecturer, Faculty of Engineering, Toraigyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: ruslangr82@mail.ru

Назарьев Александр Викторович, техника ғылымдарының кандидаты, «Академик Н. А. Пилюгин

Назарьев Александр Викторович, кандидат технических наук, филиал ФГУП «Научно-производственный

Nazaryev Aleksandr Viktorovich, Candidate of Technical Sciences, Branch of the FSUE «Academician

атындағы Автоматика және аспап жасау ғылыми-өндірістік орталығы» ФМУК филиалы – «Корпус» өндірістік бірлестігі (ФМУК «ААЖФӨО» филиалы – ӨБ «Корпус»), Саратов қ., 410019, Ресей Федерациясы, e-mail: alex121989@mail.ru

центр автоматик и приборостроения имени академика Н. А. Пилюгина – «Производственное объединение «Корпус» (филиал ФГУП «НПЦАП» – ПО «Корпус»), г. Саратов, 410019, Российская Федерация, e-mail: alex121989@mail.ru

Pilyugin Scientific-Production Center of Automatics and Instrument-Making» – «Industrial Association «Korpus», Saratov, 410019, Russian Federation, e-mail: alex121989@mail.ru

Оспантаев Маликаждар Куантаевич, техникалық ғылымдар магистрі, Құбыр илемдеу өндірісінің технологиялық бөлімінің бастығы, «KSP Steel» ЖШС ӨФ, Павлодар қ., 140000, Қазақстан Республикасы, e-mail: malikazhdar@inbox.ru

Оспантаев Маликаждар Куантаевич, магистр технических наук, начальник технологического отдела трубопрокатного производства, ПФ ТОО «KSP Steel», г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан, e-mail: malikazhdar@inbox.ru

Ospantaev Malikazhdar Kuantaevich, Master of Technical Sciences, Head of the Technological Department of pipe rolling production, PF LLP «KSP Steel», Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan, e-mail: malikazhdar@inbox.ru

Пузаков Вячеслав Сергеевич, техника ғылымдарының кандидаты, Бас директор, ЖШҚ «Бюро Энергетик», Раменское қ., 140104, Ресей Федерациясы, e-mail: PuzakovVS@mail.ru

Пузаков Вячеслав Сергеевич, кандидат технических наук, Генеральный директор, ООО «Бюро Энергетика», г. Раменское, 140104, Российская Федерация, e-mail: PuzakovVS@mail.ru

Puzakov Vyacheslav Sergeevich, Candidate of Technical Sciences, General Director, LLC «Bureau Energetika», Ramenskoye, 140104, Russian Federation, e-mail: PuzakovVS@mail.ru

Равшанов Жамшид Равшанович, техника ғылымдарының магистрі, аға оқытушы, Науайы мемлекеттік тау-кен институты, Науайы қ., 706800, Өзбекістан, e-mail: ravshanov.zhamshid@mail.ru

Равшанов Жамшид Равшанович, магистр технических наук, ст. преподаватель, Навоийский государственный горный институт, г. Навоий, 706800, Узбекистан, e-mail: ravshanov.zhamshid@mail.ru

Ravshanov Jamshid Ravshanovich, Master of Technical Sciences, Senior Lecturer, Navoi State Mining Institute, Navoi, 706800, Uzbekistan, e-mail: ravshanov.zhamshid@mail.ru

Рыспаев Талант Акимжанович, хабилицтенген техникалық ғылымдарының докторы, Анхальт қолданбалы ғылымдар университеті, Котен қ., 06366, Германия, e-mail: talant.ryspaev@hs-anhalt.de

Рыспаев Талант Акимжанович, хабилицированный доктор технических наук, Университет прикладных наук Анхальт, г. Котен, 06366, Германия, e-mail: talant.ryspaev@hs-anhalt.de

Ryspaev Talant Akimzhanovich, Habilitated Doctor of Technical Sciences, Anhalt University of Applied Science, Kothen, 06366, Germany, e-mail: talant.ryspaev@hs-anhalt.de

Рожков Александр Владимирович, техникалық ғылымдарының кандидаты, Жол-көлік факультеті, Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды қ., 100000, Қазақстан Республикасы, e-mail: alexktpm@mail.ru

Саржанов Даурен Казхаберенович, техникалық ғылымдарының кандидаты, Қаржы, логистика және цифрлық технологиялар факультеті, Қарағанды Қазтұтынуодағы университеті, Қарағанды қ., 100000, Қазақстан Республикасы, e-mail: dauren78@mail.ru

Сәлімгерей Нұрболат Арманұлы, техника ғылымдарының магистрі, Ж. Әбішев атындағы ХМИ, Қарағанды қ., 100009, Қазақстан Республикасы, e-mail: nurbolat.salimgerey@mail.ru

Сейтенова Гайни Жумағалиевна, PhD, химиялық ғылымдарының докторы, профессор, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: gaini-chemistry@mail.ru

Судейменов Ансаган Дүйсенбайұлы, аға оқытушы, «Көліктік техника және логистика» кафедрасы, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: Ansar_muslim_91@mail.ru

Рожков Александр Владимирович, кандидат технических наук, Транспортно-дорожный факультет, Карагандинский технический университет, г. Караганда, 100000, Республика Казахстан, e-mail: alexktpm@mail.ru

Саржанов Даурен Казхаберенович, кандидат технических наук, доцент, Факультет финансов, логистики и цифровых технологий, Карагандинский университет Казпотребсоюза, г. Караганда, 100000, Республика Казахстан, e-mail: dauren78@mail.ru

Сәлімгерей Нұрболат Арманұлы, магистр технических наук, ХМИ имени Ж. Абишева, г. Караганда, 100009, Республика Казахстан, e-mail: nurbolat.salimgerey@mail.ru

Сейтенова Гайни Жумағалиевна, PhD, кандидат технических наук, профессор, Факультет инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: gaini-chemistry@mail.ru

Судейменов Ансаган Дюсембаевич, ст. преподаватель, кафедра «Транспортная техника и логистика», Факультет инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: Ansar_muslim_91@mail.ru

Rozhkov Alexander Vladimirovich, Candidate of Technical Sciences, Transport and Road Faculty, Karaganda Technical University, Karaganda, 100000, Republic of Kazakhstan, e-mail: alexktpm@mail.ru

Sarzhanov Dauren Kazhabergenovich, Candidate of Technical Sciences, assistant professor, Faculty of Finance, Logistics and Digital Technologies, Karaganda, University of Kazpotrebsoyuz, Karaganda, 100000, Republic of Kazakhstan, e-mail: dauren78@mail.ru

Salimgerey Nurbolat Armanuly Master of Engineering Science, Zh. Abishev, ChMI, Karaganda, 100009, Republic of Kazakhstan, e-mail: nurbolat.salimgerey@mail.ru

Seitenova Gaini Zhumagalievna, PhD, associate professor, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: gaini-chemistry@mail.ru

Suleimenov Ansagan Dyusembayevich, Senior Lecturer, Department of Transport Engineering and Logistics, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: Ansar_muslim_91@mail.ru

Смаилова Бағлан Қабдуллаевна, техника ғылымдарының магистрі, аға оқытушы, «Технологиялық жабдықтар, машина жасау және стандарттау» кафедрасы, Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды қ., 100017, Қазақстан Республикасы, e-mail: imasheva-gulzhan@mail.ru

Тусунбекова Марал Жанбулатовна, техника ғылымдарының магистры, аға оқытушы, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: make.t.08@mail.ru

Толеуқадыр Руслан Толеужанұлы, техникалық ғылымдарының магистрі, Феррокорытпалар және тотықсыздану процестері зертханасының кіші ғылыми қызметкері, Ж. Әбішев атындағы ХМИ, Қарағанды қ., 100009, Қазақстан Республикасы, e-mail: Ruslan-94kz@mail.ru

Честнов Юрий Иванович, «Камешковский механикалық зауыты» АҚ, Камешково қ., 601300, Ресей Федерациясы, e-mail: ark6975@mail.ru

Шабанов Ербол Жақсылықұлы, PhD, қауымд. профессор, Феррокорытпалар және тотықсыздану процестері зертханасының меңгерушісі, Ж. Әбішев атындағы ХМИ, Қарағанды қ., 100009, Қазақстан, e-mail: ye.shabanov@gmail.com

Смаилова Бағлан Қабдуллаевна, магистр технических наук, ст. преподаватель, кафедра «Технологическое оборудование, машиностроение и стандартизация», Карагандинский технический университет, г. Караганда, 100017, Республика Казахстан, e-mail: imasheva-gulzhan@mail.ru

Тусунбекова Марал Жанбулатовна, магистр технических наук, ст. преподаватель, Факультет инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: make.t.08@mail.ru

Толеуқадыр Руслан Толеужанұлы, магистр технических наук, мл.науч. сотрудник лаборатории ферросплавов и процессов восстановления, ХМИ имени Ж. Абишева, г. Караганда, 100009, Республика Казахстан, e-mail: Ruslan-94kz@mail.ru

Честнов Юрий Иванович, АО «Камешковский механический завод», г. Камешково, 601300, Российская Федерация, e-mail: ark6975@mail.ru

Шабанов Ербол Жақсылықұлы, PhD, ассоц. профессор, Заведующий лабораторией ферросплавов и процессов восстановления, ХМИ имени Ж. Абишева, г. Караганда, 100009, Республика Казахстан, e-mail: ye.shabanov@gmail.com

Smailova Baglan Kabdullayevna, Master of Technical Sciences, senior lecturer, Department of Technological Equipment, Mechanical Engineering and Standardization, Karaganda Technical University, Karaganda, 100017, Republic of Kazakhstan, e-mail: imasheva-gulzhan@mail.ru

Tussupbekova Maral Zhanbulatovna, Master of Technical Science, senior Lecturer, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: make.t.08@mail.ru

Toleukadyr Ruslan Toleuzhanuly, Master of Technical Sciences, Junior researcher from the Laboratory of Ferrous Alloys and Reduction Processes, ChMI, Zh. Abishev, Karaganda, 100009, Republic of Kazakhstan, e-mail: Ruslan-94kz@mail.ru

Chestnov Yuriy Ivanovich, JSC «Kameshkov Mechanical Plant», Kameshkov, 601300, Russian Federation, e-mail: ark6975@mail.ru

Shabanov Yerbol Zhaksylykuly, PhD, Associate Professor, Director of the Laboratories for Ferrous Alloys and Reduction Processes, Zh. Abishev, ChMI, Karaganda, 100009, Republic of Kazakhstan, e-mail: ye.shabanov@gmail.com

Шеров Кәрібек Тағайұлы, техника ғылымдары докторы, профессор, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: shkt1965@mail.ru

Шеров Карибек Тагаевич, доктор технических наук, профессор, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: shkt1965@mail.ru

Sherov Karibek Tagaevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, S. Seifullin Kazakh Agro-Technical University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: shkt1965@mail.ru

Шаймардан Аруан Бауржанұлы, магистрант, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: aruan.shaimardan97@mail.ru

Шаймардан Аруан Бауржанұлы, магистрант, Факультет инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: aruan.shaimardan97@mail.ru

Shaimardan Aruan Baurzhanuly, undergraduate student, Faculty of Engineering, Toraihyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: aruan.shaimardan97@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 %.**

***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.**

***Рецензирование проводится конфиденциально («двустороннее слепое рецензирование»), автору не сообщается имя рецензента, а рецензенту – имя автора статьи.**

***Статьи отправлять вместе с квитанцией об оплате. Стоимость публикации в журнале за страницу 1000 (одна тысяча) тенге, включая статьи магистрантов и докторантов в соавторстве с лицами с ученой степенью.**

*** Оплата за статью не возвращается в случае, если статья отклонена антиплагиатом или рецензентом. Автор может повторно отправить статью на антиплагиат или рецензирования 1 раз.**

Статьи должны быть оформлены в строгом соответствии со следующими правилами:

– В журналы принимаются статьи по всем научным направлениям, набранные на компьютере, напечатанные на одной стороне листа с полями 30 мм со всех сторон листа, электронный носитель со всеми материалами в текстовом редакторе «Microsoft Office Word (97, 2000, 2007, 2010) для WINDOWS».

– Общий объем статьи, включая аннотации, литературу, таблицы, рисунки и математические формулы не должен превышать **12 страниц печатного текста. 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, аннотации, ключевые слова, основные положения, введение, материалы и методы, результаты и обсуждение,

заклучение, выводы, информацию о финансировании (при наличии), список литературы (используемых источников) 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 **Фамилия, имя, отчество** (полностью) автора (-ов) – на казахском, русском и английском языках (*жирным шрифтом, по центру*);

4 **Ученая степень, ученое звание;**

5 **Аффилиация** (факультет или иное структурное подразделение, организация (место работы (учебы)), город, почтовый индекс, страна) – на казахском, русском и английском языках;

6 **E-mail;**

7 **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*);

8 **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 – не менее 150, не более 300 слов, курсив, нежирным шрифтом, кегль – 12 пунктов, абзацный отступ слева и справа 1 см, см. образец*);

9 **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*);

10 **Основной текст статьи** излагается в определенной последовательности его частей, включает в себя:

- **Введение / Кіріспе / Introduction** (*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 / Қорытынды / Conclusion** (*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 / Пайдаланған деректер тізімі / References** (*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). В случае наличия в списке использованных источников работ, представленных на кириллице, необходимо представить список литературы в двух вариантах: первый – в оригинале, второй – романизированный (транслитерация 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.*

Романизированный список литературы должен выглядеть следующим образом: автор(-ы) (транслитерация) → название статьи в транслитерированном варианте → [перевод названия статьи на английский язык в квадратных скобках] → название казахоязычного либо русскоязычного источника (транслитерация, либо английское название – если есть) → выходные данные с обозначениями на английском языке.

11 **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.

12 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 (номер телефона 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		

Информация для авторов

Редакция не занимается литературной и стилистической обработкой статьи.

Если статья отклонена антиплагиатом или рецензентом статья возвращается автору на доработку. Автор может повторно отправить статью на антиплагиат или рецензирования 1 раз. За содержание статьи несет ответственность Автор.

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.

Периодичность издания журналов – четыре 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.

Статьи отправлять вместе с квитанцией об оплате. Стоимость публикации в журнале за страницу 1000 (одна тысяча) тенге, включая статьи магистрантов и докторантов в соавторстве с лицами с ученой степенью.

Статью (электронную версию, и квитанции об оплате) следует направлять на почту: nitk.tou.edu.kz. Для подачи статьи на публикацию необходимо пройти регистрацию на сайте.

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 kaspi.kz Платежи – Образование – Оплата за ВУЗы – Заполняете все графы (в графе Факультет укажите «За публикацию в научном журнале, название журнала и серии»)
АО «Jysan Bank» ИИК KZ57998FTB00 00003310 БИК TSESKZK A Кбе 16 Код 16 КНП 861	АО «Народный Банк Казахстана» ИИК KZ156010241000003308 БИК HSBKZKX Кбе 16 Код 16 КНП 861	

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 искомым 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

152

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.

153

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 neopredelenost [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 vospitaniyu (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). – T. 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 құзіреттіліктерін қалыптастыру» докторлық диссертация шеңберінде әзірленген біліктілікті арттыру курстары арқылы әлеуметтік қызметкерлердің тұлғалық және кәсіби құзіреттілігін қалыптастырудың теориялық моделі ұсынылған. Мақалада модельдеу процесінің педагогикалық аспектілері, педагогикалық модельдеудің кезеңдері келтірілген. Модельдің әдіснамалық, процессуалдық (технологиялық) және аспаптық деңгейлері, оның мақсаты, қажетті құзыреттердің қалыптасу мониторингі, сондай-ақ нәтижесі ұсынылған. Модельде құзыреттілікке, тұлғаға бағытталған және практикаға бағытталған педагогикалық тәсілдер, таңдалған құзыреттерді қалыптастыру заңдылықтары, қағидаттары, шарттары көрсетілген; қалыптасу процесін іске асыру кезеңдері, жеке және кәсіби құзыреттердің қалыптасу деңгейлері сипатталған. Практикалық дайындық бөлімінде тыңдаушы-оқытушы-топ жүйесінде интерактивті жұмыс ұсынылады, ол әр маманның жеке қатысуын, сондай-ақ елімізде алғашқы «кәсіби әлеуметтік қызметкерлердің ұлттық альянсы» республикалық қоғамдық бірлестігінің ашылуын білдіреді. Бұл модель әлеуметтік қызметкерлердің жеке және кәсіби құзыреттерін одан әрі жетілдіруді және тәуелсіз дамытуды білдіреді. Бұл модельде біліктілікті арттыру курстарын іске асырудың тиімділігін, жұмыс нысандары, әдістері мен құралдарын көруге мүмкіндік береді.

Кілтті сөздер: теориялық модель, құзыреттілік, біліктілікті арттыру, әлеуметтік қызметкерлер.

S. K. Antikayeva

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_antikeyeva@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_antikeyeva@mail.ru, 8-000-000-00-00	Samal Kanatovna Antikeyeva doctoral student in «Pedagogy and psychology» «Toraighyrov University» NCJSC, Faculty of Humanities and Social Sciences, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, samal_antikeyeva@mail.ru, 8-000-000-00-00

Публикационная этика научных журналов «Вестник Торайғыров университета», «Краеведение», «Наука и техника Казахстана»

Редакционная коллегия журналов «Вестник Торайғыров университет», «Краеведение» и «Наука и техника Казахстана» в своей работе придерживается международных стандартов по этике научных публикаций и учитывает информационные сайты ведущих международных журналов.

Редакционная коллегия журнала, а также лица, участвующие в издательском процессе в целях обеспечения высокого качества научных публикаций, во избежание недобросовестной практики в публикационной деятельности (использование недостоверных сведений, изготовление данных, плагиат и др.), обеспечения общественного признания научных достижений обязаны соблюдать этические нормы и стандарты, принятые международным сообществом и предпринимать все разумные меры для предотвращения таких нарушений.

Редакционная коллегия ни в коем случае не поощряет неправомерное поведение (плагиат, манипуляция, фальсификация) и приложит все силы для предотвращения наступления подобных случаев. В случае, если редакционной коллегии станет известно о любых неправомерных действиях в отношении опубликованной статьи в журнале или в случае отрицательного результата экспертизы редколлегий статья отклоняется от публикации.

Редакционная коллегия не должна раскрывать информацию о принятых к опубликованию рукописей третьим лицам, не являющимся рецензентами, потенциальными рецензентами, членами редакционной коллегии, работниками типографии. Неопубликованные данные, полученные из рукописей, не должны использоваться в личных исследовательских целях без письменного разрешения автора.

Ответственность экспертов (рецензентов)

Рецензенты должны давать объективные суждения и указывать на соответствующие опубликованные работы, которые еще не цитируются. К рецензируемым статьям следует обращаться конфиденциально. Рецензенты будут выбраны таким образом, чтобы не было конфликта интересов в отношении исследования, авторов и / или спонсоров исследования.

Ответственность авторов

Ответственность за содержание работы несет автор. Авторы обязаны вносить исправления, пояснения, опровержения и извинения, если такие имеются.

Автор не должен представлять статью, идентичную ранее опубликованной в другом журнале. В частности, не принимаются переводы на английский либо немецкий язык статей, уже опубликованных на другом языке.

В случае обнаружения в рукописи статьи существенных ошибок автор должен сообщить об этом редактору раздела до момента подписи в печать оригинал-макета

номера журнала. В противном случае автор должен за свой счет исправить все критические замечания.

Направляя статью в журнал, автор осознаёт указанную степень персональной ответственности, что отражается в письменном обращении в редакционную коллегию журнала.

Теруге 17.12.21 ж. жіберілді. Басуға 27.12.21 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

5,07 Mb RAM

Шартты баспа табағы 9,15 Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: Е. Е. Калихан

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 3875

«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