

МАЗМҰНЫ

Сейтенова Г. Ж., Дюсова Р. М., Медведев А. С. Мұнай сапасы көрсеткіштері мен санын өлшеу жүйесін жаңғырту «Павлодар» бас мұнай айдау станциясы.....	6
Кудиярбеков А. С., Масакбаева С. Р. Полипропиленнің физика-механикалық қасиеттеріне нуклейндеуші агенттердің әсерін зерттеу.....	12
Шеров К. Т., Маздубай А. В., Орымбаева А. К. Металл дайындамаларды кесуге арналған машиналардың конструктивті ерекшеліктері.....	22
Сейтенова Г. Ж., Дюсова Р. М., Кибатов Д. С., Абетанов М. Б. «Құмкөл» бас мұнай айдау станциясында мұнайды есепке алудың коммерциялық торабын басқару жүйесін жаңғырту	30
Смагулова А. С., Кияшова А. М. ANSYS WB бағдарламасы шегінде шекті-элементті талдауды қолдана отырып тісті берілісті есептеу	39
Зарипов Р. Ю., Сембаев Н. С., Адильбекова К. Б., Аубакирова Ж. Т. Темір жол доңғалақтарының беріктігін бағалау әдістемесі.....	48

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

Члены редакционной коллегии:

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

Импакт-фактор
РИНЦ – 0,011

Адрес редакции:
Республика Казахстан,
140008, г. Павлодар,
ул. Ломова, 64.
Тел.: (7182) 67-36-69
e-mail: kereku@psu.kz
www.vestnik.psu.kz

Ағибаева А. Ж., Аманжолов А., Ларичкин В. В.
Глинозем өндірісі шламының негізінде бетон қоспаларының оңтайлы құрамын өзірлеу 64

Ғабдысалық Р., Шеров К. Т., Маздубай А. В., Окимбаева А. Е.
Ірі шиберлі ысырмасының штапты-пісірілген конструкциясын жасау технологиясын зерттеу және жетілдіру 71

Гришина А. И.
Ғылымдағы химиялық технологиялар және олардың рөлі 82

Тулеубаева Ә. Н.
Оңтайлы құрылымдық шешімдерді қабылдау үшін жобалаудың автоматтандырылған әдістерін қолдану 89

Секлетина Л. С., Медведева О. И., Гартфельдер В. А., Янюшкин А. Р.
Ток өткізгіш байланыстары бар шеңберлермен қатты қортпаларды ажарлау кезінде бет үстіндегі қабықшаларды қалыптастыру 96

Қасен Қ., Жүнісов А. Қ., Жүнісова А. Қ.
Алюминий өндірісінің электролизерлер шегенінің қалдықтарын залалсыздандыру әдістеріне анализ 107

Мерейтойлық даталар 113

Авторларға арналған ережелер 115

НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ ПАВЛОДАРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ С. ТОРАЙГЫРОВА

Импакт-фактор
РИНЦ – 0,011

КОРРЕКТОР:
А. Р. Омарова,
Д. А. Жумабекова
ВЕРСТКА:
Д. А. Жумабекова

© ПГУ им. С. Торайгырова

СОДЕРЖАНИЕ

Сейтенова Г. Ж., Дюсова Р. М., Медведев А. С.
Модернизация системы измерения количества и показателей качества нефти ГНПС «Павлодар» 6

Кудиярбеков А. С., Масакбаева С. Р.
Исследование влияния нуклеирующих агентов на физико-механические свойства полипропилена 12

Шеров К. Т., Маздубай А. В., Орымбаева А. К.
Конструктивные особенности машин предназначенных для резки металлических заготовок 22

Сейтенова Г. Ж., Дюсова Р. М., Кибатов Д. С., Абетанов М. Б.
Модернизация системы управления коммерческим узлом учета нефти на ГНПС «Кумколь» 30

Смагулова А. С., Кияшова А. М.
Расчет зубчатых передач с применением конечно-элементного анализа в рамках пакета ANSYS WB 39

Зарипов Р. Ю., Сембаев Н. С., Адильбекова К. Б., Аубакирова Ж. Т.
Методика оценки прочности железнодорожных колес 40

Ағибаева А. Ж., Аманжолов А., Ларичкин В. В.
Разработка оптимального состава бетонных смесей на основе шлама глиноземного производства 64

Ғабдысалық Р., Шеров К. Т., Маздубай А. В., Окимбаева А. Е.
Исследование и совершенствование технологии изготовления штампосварной конструкции крупных шиберных задвижек 71

Гришина А. И.
Химические технологии в науке и их роль 82

Тулеубаева А. Н.
Применение автоматизированных методов проектирования для принятия оптимальных конструктивных решений 89

Секлетина Л. С., Медведева О. И., Гартфельдер В. А., Янюшкин А. Р.
Формирование поверхностных пленок при шлифовании твердых сплавов кругами на токопроводящих связках 96

Касен К., Жунусов А. К., Жунусова А. К. Анализ способов утилизации отработанной футеровки электролизеров производства алюминия	107
Юбилейные даты	113
Правила для авторов	115

CONTENTS

Seitenova G. Zh., Dyussova R. M., Medvedev A. S. Modernization of the system for measuring the quantity and quality indicators of oil at the HOPS «Pavlodar».....	6
Kudiyarbekov A. S., Massakbayeva S. R. Investigation of nucleating agents impact on physical and mechanical properties of polypropylene	12
Sherov K. T., Mazdubay A. V., Orymbayeva A. K. Constructive features of cutting machines for cutting metallic blanks	22
Seitenova G. Zh., Dyussova R. M., Kibatov D. S., Abetanov M. B. Modernization of the management system of the oil accounting commercial node at the HOPS «Kumkol»	30
Smagulova A. S., Kiyashova A. M. Calculation of gear with the application of final-element analysis within ANSYS WB package	31
Zaripov R., Sembaev N. S., Adilbekova K. B., Aubakirova Z. T. The method of estimating the strength of railway wheels.....	48
Agibaeva A. J., Amanzholov A., Larichkin V. V. Development of the optimal composition of concrete mixtures based on alumina sludge production.....	64
Gabdysalyk R., Sherov K. T., Mazdubay A. V., Okimbayeva A. E. Research and perfection of the technology of manufacturing a stamped welded structure for large shiber latches	71
Grishina A. I. Chemical technologies in science and their role	82
Tuleubaeva A. N. Application of automotive design methods for making optimal construction solutions	89
Sekletina L. S., Medvedeva O. I., Gartfelder V. A., Yanyushkin A. R. Formation of surface films at grinding of hard alloys by wheels on current-conductive bindings.....	96
Kassen K., Zhunussov A. K., Zhunussova A. K. Analysis of the utilization methods of the waste lining of electrolyzers of aluminum manufacture	107
Anniversary dates	113
Rules for authors	115

Сейтенова Гайни Жумагалиевна

к.х.н., ассоц. профессор (доцент), кафедра «Механика и нефтегазовое дело», Факультет металлургии, машиностроения и транспорта, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

Дюсова Ризагуль Муслимовна

магистр, преподаватель, кафедра «Механика и нефтегазовое дело», Факультет металлургии, машиностроения и транспорта, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: riza92@bk.ru;

Медведев Андрей Степанович

магистрант, кафедра «Механика и нефтегазовое дело», Факультет металлургии, машиностроения и транспорта, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА И ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА НЕФТИ ГНПС «ПАВЛОДАР»

В статье рассматривается проект модернизации системы измерений количества и показателей качества нефти Головной нефтеперекачивающей станции «Павлодар». ГНПС «Павлодар» один из важных объектов в транспортировке нефти, так как через него проходят три ветки. Основная цель проекта-обеспечение бесперебойной и качественной работы станции. Проект предусматривает установку автоматизированной системы измерения, которая позволит уменьшить предел относительной погрешности. В составе оборудования применены средства измерений (СИ), поверенные и внесенные в Реестр государственной системы обеспечения единства измерений Республики Казахстан, прошедшие процедуру утверждения типа или метрологической аттестации. Все оборудование, предложенное в проекте взрывозащищенного, искробезопасного исполнения, соответствует требованиям, изложенным в действующих на территории Республики Казахстан нормативных документах, имеет сертификаты соответствия промышленной безопасности.

Ключевые слова: нефтепровод, система измерения, качества нефти, автоматизированная система, модернизация.

ВВЕДЕНИЕ

Павлодарское нефтепроводное управление создано 1 марта 1978 года. Система магистральных нефтепроводов насчитывает 718 км, из них МН «Омск-Павлодар» – 220,5 км, «Павлодар-ПНХЗ» – 8,5 км, МН «Павлодар-Шымкент» – 303 км, «ТОН-2» 186,2 км. ГНПС «Павлодар» является одним из структурных подразделении Павлодарского нефтяного управления.

Данное ГНПС имеет важнейшее стратегическое значение, так как поступающая сибирская нефть проходит через этот участок в 3 направлениях. Контроль качества транспортируемого нефтепродукта входит в обязанности сотрудников ГНПС. Модернизация системы измерения количества и показателей качества нефти (СИКН) позволит уменьшить предел относительной погрешности до $\pm 0,25$ %.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Станция расположена в 15 км от г. Павлодар, площадью в 30 га. Объект представляет собой промышленную площадку с наличием большого количества наземных и подземных коммуникаций и сооружений. Основным перекачиваемым продуктом является нефть, в таблице 1 представлены физико-химические свойства нефти [1].

В составе СИКН применены средства измерений (СИ), поверенные и внесенные в реестр государственной системы обеспечения единства измерений Республики Казахстан, прошедшие процедуру утверждения типа или метрологической аттестации [2 – 4, 11].

Таблица 1 – Физико-химические свойства нефти

Наименование показателя		Значение показателя
1	Температура нефти, °С	
	минимальная	- 5,0,
	максимальная	+ 50,0
2	Плотность, кг/м ³	от 785 до 885
3	Вязкость кинематическая, 10 ⁻⁶ м ² /с	от 6 до 150
4	Давление насыщенных паров при максимальной температуре нефти, кПа, не более	66,7
5	Массовая доля воды, %, не более	0,5
6	Массовая концентрация хлористых солей, мг/дм ³ , не более	100
7	Массовая доля механических примесей, %, не более	0,05
8	Массовая доля парафина, %	от 1 до 16
9	Массовая доля серы, %	от 0,6 до 2,5
10	Массовая доля сероводорода, млн ⁻¹ (ppm), не более	20
11	Массовая доля метил-и этил-меркаптанов в сумме, млн ⁻¹ (ppm), не более	4 0 (не определяется)
12	Содержание свободного газа, %	не допускается

В состав технологического комплекса СИКН Павлодар входят следующие функциональные блоки и системы:

- 1) Основное оборудование и технологические узлы:
 - блок измерительных линий (реконструкция);
 - пробоотборник автоматический, основной и резервный (проектируемые);
 - ручной пробоотборник (проектируемый);
 - пробозаборное устройство (проектируемое), отдельно для основного и резервного автоматического пробоотборника;
 - регулятор расхода на выходном коллекторе, шаровый кран на выходе ПУ (замена).
- 2) Поверочные установки:
 - преобразователь плотности жидкости измерительный (проектируемый).
- 3) Вспомогательное оборудование:

– емкость дренажная для учтенной нефти (проектируемая).

Все оборудование, входящее в состав СИКН, взрывозащищенного, искробезопасного исполнения, соответствует требованиям, изложенным в действующих на территории Республики Казахстан нормативных документах, имеет сертификаты соответствия промышленной безопасности, разрешение на применение оборудования и средств измерений в категорийных зонах, эксплуатационную документацию [5, 6].

БИЛ предназначен для формирования и выдачи информации по массовому расходу, давлению и температуре перекачиваемой нефти, а также проведения оперативных переключений при переходе с рабочей на резервную измерительную линию (ИЛ), проведении поверки, контроля метрологических характеристик (КМХ) расходомеров массовых. Состав основного оборудования и СИ БИЛ приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Состав основного оборудования и СИ БИЛ

Тип, марка оборудования, завод-изготовитель	Кол-во, шт.	Место установки
1 Пробоотборник Мавик НТ	2	ИЛ, входной коллектор
2 Ручной пробоотборник (пробозаборное устройство трубчатого типа и пробозаборный кран)	1	ИЛ, входной коллектор
3 Средства измерений:		
– счетчик-расходомер массовый Micro Motion CMFHC3M DN200; PN 1,6 МПа фирмы "Emerson Process Management, Micro Motion Inc.", США	4	ИЛ
– измерительный преобразователь давления Cerabar модели PMP71 производства Endress+Hauser GmbH+Co. KG, Германия	6	ИЛ, входной и выходной коллекторы
– преобразователь дифференциального давления типа Deltabar S исполнения PMD 75 производства «Endress+Hauser GmbH+Co.KG», Германия	2	фильтры
– термопреобразователь сопротивления и термодатчик типа OMNIGRAD TMT162R с преобразователем TMT фирмы "Endress+Hauser Wetzlar GmbH+Co.KG", Германия	5	ИЛ, выходной коллектор
– манометр деформационный с трубчатой пружинной модификации 232.34, фирмы «Wika Alexander Wiegand GmbH & Co.KG», Германия	9	ИЛ, входной и выходной коллекторы, фильтры
– термометр ртутный стеклянный лабораторный ТЛ-4, ОАО «Термоприбор», Россия	10	ИЛ, выходной коллектор

Дренажная система БИЛ закрытая, с комплектом дренажных и воздушных кранов. Дренаж нефти с БИЛ осуществлен в коллектор, на котором установлено устройство сигнализации утечек.

СИКН обеспечивает выполнение следующих основных функций:

- автоматическое измерение количества нефти в единицах массы;
- отбор объединенной пробы нефти в соответствии с ГОСТ 2517–85;
- автоматический отбор объединенной пробы нефти в сменные контейнеры, ручной отбор точечной пробы;

– автоматическое измерение плотности нефти во время поверки и КМХ расходомеров массовых;

– дистанционный контроль и местная индикация перепада давления на фильтрах;

– автоматизированное и ручное (с АРМ оператора и по месту) управление измерительными линиями (включение, выключение);

– автоматическое регулирование расхода после БИЛ;

– местный контроль герметичности запорной арматуры, используемой при поверке и КМХ массовых преобразователей расхода, а также другой запорной арматуры технологических трубопроводов, протечки через которую могут оказывать влияние на достоверность учета;

– дистанционный контроль и местная индикация перепада давления на фильтрах;

– дренаж нефти из оборудования, технологических трубопроводов и последующее их заполнение без остатков воздуха;

– возможность промывки и пропарки дренажных трубопроводов;

– возможность промывки стационарной ПУ (перед поверкой) и технологических трубопроводов;

– сбор продуктов утечек и дренажа оборудования и трубопроводов в отдельные дренажные системы;

– возможность обратной закачки нефти в выходной коллектор СИКН из емкости учтенной нефти;

– возможность демонтажа отдельных измерительных преобразователей и технологического оборудования без нарушения непрерывности процесса измерений.

Запорная арматура, протечки через которую могут оказывать влияние на достоверность учетных операций, результаты поверки и КМХ, перед началом всех видов измерений должна быть плотно закрыта и проверена на герметичность [7, 8].

ВЫВОДЫ

ГНПС является важным стратегическим объектом нефтяной промышленности. Модернизация системы измерения количества и показателей качества нефти ГНПС «Павлодар» позволит оптимизировать работу нефтепровода. Автоматизированная система уменьшает погрешность измерения до минимума, исключая человеческий фактор.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 СТ РК 1347–2005. «Нефть. Общие технические условия».
- 2 СТ РК 2.62–2003 «ГСИ.РК. Системы измерений количества и показателей качества нефти. Общие требования».
- 3 ГОСТ 8.587–2006 «Нефть и нефтепродукты. Методы измерения массы. Рекомендации в РК зарегистрированы под № 002 / 834».
- 4 СТ РК 2.18–2003 «ГСИ РК. Методики выполнения измерений. Порядок разработки, метрологической аттестации и применения».

5 СТ РК 2.6–2003 «ГСИ РК. Программа испытаний для целей утверждения типа средств измерений. Общие требования».

6 СТ РК 2.117–2006 «ГСИ РК. Система измерений количества и показателей качества нефти. Метрологические и технические требования к проектированию».

7 **Назарова, Г. Ю., Ивашкина, Е. Н., Иванчина, Э. Д., Шафран, Т. А., Сейтенова, Г. Ж., Бурумбаева, Г. Р.** Разработка технических решений для увеличения выхода бензиновой фракции и газов в технологии каталитического крекинга вакуумного газойля / Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. 2018. – № 8. – С. 17–24.

8 **Chuzlov, V. A., Nazarova, G. Y., Kislinkaya, A. A., Seitenova, G. Z., Elubaj, M. A.** Reduction of the quality reserve with the use of predictive models in the motor fuel production *Petroleum and Coal*. – 60 (3), 2018, – P. 422–428.

9 **Ege, Y., Coramik, M.** A new measurement system using magnetic flux leakage method in pipeline inspection. *Measurement : Journal of the International Measurement Confederation*. – 2018. – 123. – P. 163–174.

10 **Hassan, E. E. M., Iqbal, S., Sheikh, S. I. M.** Novel metering system of a three-phase oil flow in horizontal pipeline *Proceedings of the 2018 Texas Symposium on Wireless and Microwave Circuits and Systems*. – WMCS 2018, 8400621. – P. 1–4.

11 **Suerbaev Kh. A., Kanapieva F. M., Seitenova G. Zh., Chepaikin E. G.** Carboxylation of organic compounds with metal alkyl carbonates (review). – *Petroleum Chemistry*. – 2009. – Т. 49. – № 4. – P. 265–273.

Материал поступил в редакцию 21.09.18.

Сейтенова Ғайни Жумағалиқызы

х.ғ.к., қауымд. профессор (доцент),
«Механика және мұнай газ ісі» кафедрасы, Металлургия, машинажасау және көлік факультеті, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;

Дюсова Ризагуль Муслимовна

магистр, оқытушы, «Механика және мұнай газ ісі» кафедрасы, Металлургия, машинажасау және көлік факультеті, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: riza92@bk.ru;

Медведев Андрей Степанович

магистрант, «Механика және мұнай газ ісі» кафедрасы, Металлургия, машинажасау және көлік факультеті, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы. Материал баспаға 21.09.18 түсті.

**Мұнай сапасы көрсеткіштері мен санын өлшеу жүйесін жаңғырту
«Павлодар» бас мұнай айдау станциясы**

Мақалада «Павлодар» бас мұнай айдау станциясының мұнай мөлшері мен сапа көрсеткіштерін өлшеу жүйесін жаңғырту жобасы қарастырылады. «Павлодар» ГНПС мұнай тасымалдаудағы маңызды нысандардың бірі, өйткені ол арқылы үш тармақ өтеді. Жобаның негізгі мақсаты станцияның үздіксіз және сапалы жұмысын қамтамасыз ету. Жоба салыстырмалы қателіктің шегін азайтуға мүмкіндік беретін автоматтандырылған өлшеу жүйесін орнатуды көздейді. Жабдықтың құрамында өлшем құралдары (ӨҚ), салыстырып тексерілген және Қазақстан Республикасының өлшем бірлігін қамтамасыз ету мемлекеттік жүйесінің тізіліміне енгізілген, типін бекіту немесе метрологиялық аттестаттау рәсімінен өткен. Жобада ұсынылған жарылыстан қорғалған, ұшқын қауіпсіз орындалған барлық жабдықтар Қазақстан Республикасының аумағында қолданыстағы нормативтік құжаттарда баяндалған талаптарға сәйкес келеді, өнеркәсіптік қауіпсіздіктің сәйкестік сертификаттары болады.

Seitenova Gaini Zhumagaliyevna

Candidate of Chemical Sciences, associate professor, Department of Mechanics and Oil and Gas Engineering, Faculty of Metallurgy, Machine Building and Transport, S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

Dyussova Rizagul Muslimovna

Master, lecturer, Department of Mechanics and Oil and Gas Engineering, Faculty of Metallurgy, Machine Building and Transport, S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: riza92@bk.ru;

Medvedev Andrey Stepanovich

undergraduate student, Department of Mechanics and Oil and Gas Engineering, Faculty of Metallurgy, Machine Building and Transport, S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan

Material received on 21.09.18.

**Modernization of the system for measuring the quantity and quality indicators
of oil at the HOPS «Pavlodar»**

The article discusses a project for upgrading the system for measuring the quantity and quality of oil at the Head oil pump station «Pavlodar». HOPS «Pavlodar» is one of the important objects in the transportation of oil, since three branches pass through it. The main objective of the project is to ensure the smooth and high-quality operation of the station. The project involves the installation of an automated measurement system that will reduce the relative margin of error. As part of the equipment, measuring instruments (SI) are used, verified and entered into the Register of the state system for ensuring the uniformity of measurements of the Republic of Kazakhstan that have passed the type approval or metrological certification procedure. All equipment proposed is in an explosion-proof, intrinsically safe design that meets the requirements set forth in the regulatory documents in force in the Republic of Kazakhstan and has certificates of industrial safety compliance.

Кудиярбеков Амирлан Сайдуллаевич

магистрант, кафедра «Химия и химические технологии», Факультет химических технологий и естествознания, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: amirlansallem@gmail.com;

Масакбаева Софья Руслановна

к.х.н., ассоц. профессор (доцент), кафедра «Химия и химические технологии», Факультет химических технологий и естествознания, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: sofochka184@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НУКЛЕИРУЮЩИХ АГЕНТОВ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИПРОПИЛЕНА

В представленной работе изучалось влияние на свойства полипропилена нуклеаторов, принадлежащих к разным классам химических соединений. Получены концентрационные зависимости влияния нуклеаторов на физико-механические свойства полипропилена.

Объекты исследования: полипропилен производства ТОО «Компания Нефтехим LTD», в качестве нуклеирующих агентов пользовались ди-п-метилдобензилиденсорбитол (MDBS), 2,2'-метилден-бис-(4,6-дипретбутилфенил)фосфат натрия (NA-11), бис-(2,2'-метилден-бис-(4,6-дипретбутилфенил)-фосфат гидроксиалюминия (NA-21).

Методом экструзионного перемешивания наполнителя с полипропиленом были получены композиции «наполнитель/полипропилен» в интервале концентраций 0,1 – 0,3 %.

Смеси получали на двухшнековом экструдере Leistritz. Стандартные литевые образцы были получены на термопласт-автомате Allrounder 370 CMD «Arburg Maschinenfabrik Hehl & Sohne».

Исследования производились на приборах производства компании «Zwick/Roell» (Германия): универсальная испытательная машина марки «5 KN Zwick», маятниковом копре типа «НТ 50Р». Испытания светопропускания проводили на колориметре «Пульсар» при источнике света С.

Ключевые слова: полипропилен, наполнение полипропилена, нуклеатор, MDBS, NA-11, NA-21.

ВВЕДЕНИЕ

Полипропилен один из самых крупнотоннажных полимеров в мире. Производство полипропилена составляет около 20 % от мирового производства всех полимерных материалов и имеет тенденцию роста. По объему производства он уступает только полиэтилену. Этот полимер может перерабатываться всеми высокотехнологичными и производительными способами переработки полимеров, включая экструзию и литье под давлением. Благодаря сочетанию ценных эксплуатационных свойств полипропилен нашел широкий спектр практического применения, среди которых пленки, волокна, детали автомобилей, большой ассортимент слабонагруженных изделий, детали бытовой аппаратуры и многое другое.

Наряду с высокими барьерными и физико-механическими характеристиками, использование полипропилена экономически выгодно вследствие сравнительно

невысокой стоимости и малой плотности, возможности снижения веса изделий при замене традиционно используемого полиэтилена, исходя из более высоких прочностных характеристик. Однако наряду с явными достоинствами, полипропилен имеет и характерные недостатки: низкую прозрачность и повышенную хрупкость, а также технологические трудности при переработке некоторыми методами (например, при глубокой вытяжке). Объясняется это возникающей при формировании изделий надмолекулярной структурой полипропилена: так как температура плавления кристаллической фазы более чем на 20 °С выше, чем аморфной, при формировании (охлаждении расплава) образуются крупные кристаллиты, что и обуславливает вышеупомянутые негативные качества. Для устранения подобных недостатков используются модифицирующие добавки [1–3].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Модифицирующие добавки это вспомогательные вещества, применяемые для улучшения процессов переработки полимеров, повышения стабильности и долговечности изделий из полимеров, а также для придания им каких-либо специальных свойств. Прозрачность полимеров является основной характеристикой, определяющей их использование в качестве оптических материалов. Кроме того, на современном рынке упаковочных материалов в последнее время растет спрос на полипропиленовую тару, прозрачность имеет значение при производстве емкостей, контейнеров, крышек, стаканчиков и т.п. Поэтому, необходимо добиваться определенного уровня прозрачности, используя при этом модифицирующие добавки.

Модификация полипропилена путем создания различных композиционных материалов позволяет значительно расширить области его применения. Наполненный полипропилен занимает одно из первых мест среди наполненных термопластов.

Одним из способов модифицирования кристаллической структуры полимеров, влияющей на изменение уровня светопропускания (прозрачности) является направленное введение искусственных зародышеобразователей – нуклеирующих агентов (так же известных как нуклеаторы, осветлители).

Использование нуклеаторов позволяет:

- улучшить оптические свойства (прозрачность и блеск);
- улучшить жесткость и теплостойкость под нагрузкой;
- увеличить технологичность некоторых видов переработки за счет дополнительного стабилизирующего действия на аморфную фазу.

В качестве нуклеаторов используют соли ароматических карбоновых кислот: бензоат натрия (чаще всего), бензоат калия, нафтенат натрия, а также тонкодисперсные (размер < 1 мкм) порошки кремнезема и др. Нуклеирующим эффектом обладают также тальк, кварц, каолин и другие неорганические наполнители. В качестве просветлителей чаще всего применяют дибенилиденсорбитол (DBS). Также используются другие производные сорбитола: ди-пара-метилбензилиденсорбитол (MDBS), ди-пара-этилбензилиденсорбитол

(EDBS), ди-мета-пара-метилбензилиден-сорбитол (DMBDS). Последний является наиболее эффективным. В последнее время в качестве просветлителей применяют также соли органических фосфатов и нонборнанкарбоновых кислот.

Для нуклеаторов полипропилена рабочая концентрация: 0,1–0,3 % (для осветлителей на основе производных сорбитола: 0,2–0,3 %, на основе солей органических фосфатов и нонборнанкарбоновых кислот: 0,1–0,15 %). Концентрат нуклеатора добавляется в полимер в количестве 1,5–4 % [1, 4].

Эффективность нуклеирующих добавок зависит от множества параметров:

- размера частиц;
- качества диспергирования;
- типа полимера (гомополимер, статистический или блок сополимер);
- ПТР (показателя текучести расплава);
- ММР (молекулярно-массового распределения);
- условий переработки и даже технологии полимеризации.

Нуклеирующие агенты способны влиять на кристаллизацию только ограниченного спектра полимеров. Если скорость роста кристаллов очень высока или очень низка, то нуклеирующие агенты не оказывают существенного влияния на этот процесс.

Таким образом, комплекс показателей физико-механических свойств наполненных полимеров может меняться в зависимости от характеристик наполнителя.

Получены и исследованы образцы на основе полипропилена марки PP H030 СТ ТОО 40486314–004–2014 производства ТОО «Компания Нефтехим LTD» (таблица 1) и нуклеирующих агентов: MDBS марки Gel All MD 81-541-12-0, NA-21 марки ADK STAB NA-21, NA-11 марки ADK STAB NA-11.

В работе были использованы нуклеирующие агенты со следующими свойствами:

MDBS (ди-п-метилдибензилиденсорбитол) – производный сорбитола, белый порошок, плавящийся при температуре 234 °С. Эффективен в гомополимере и статистических сополимерах. При применении особенно явно повышение прозрачности. Этот агент намного сложнее в переработке и при разложении выделяет 4-метил бензальдегид (сильный запах миндаля) [5–9].

Таблица 1 – Показатели качества полипропилена марки PP H030 производства ТОО «Компания Нефтехим LTD»

№ п/п	Наименование показателя	PP H030 (образец)
1	Показатель текучести расплава, г/10 мин	3,0
2	Модуль упругости при изгибе, МПа	1020
3	Модуль упругости при растяжении, МПа	1130
4	Предел текучести при растяжении, МПа	30,8
5	Относительное удлинение при пределе текучести, %	9,2

6	Температура тепловой деформации (нагрузка 0,455 МПа)	54
7	Ударная вязкость по Изоду с надрезом при +23 °С, кДж/м ²	6,1

Органофосфаты NA-11, NA-21 – усовершенствованные структурообразователи (некоторые из которых действуют также и как осветлители) включают органофосфатные соли и прочие неорганические материалы. Поставщик японская компания Asahi-Denka Kogyo.

Структурообразователи не так легко рассеиваются, как осветлители, поскольку они обычно являются неорганическими материалами, которые не растворяются в смолах. Они диспергируются за счет механических методов для того, чтобы осуществить структурообразование полипропилена для формирования маленьких сферолитов. При компаундировании в полимер, они становятся дополнительными площадками для структурообразования, поэтому сферолиты становятся меньше.

Это дает улучшение физических свойств и некоторую дополнительную прозрачность, в зависимости от размера частиц структурообразователя и простоты рассеивания. По имеющимся данным, прозрачность увеличивается при использовании NA-21, в несколько меньшей степени при использовании NA-11 [4].

Предмет исследования обусловлен тем, что параметры прочности, упругости и светопропускания изделий имеют важное практическое значение при производстве полимерных изделий [10–14].

Режимы компаундирования композиций и литья под давлением стандартных образцов:

- смеси получали на двухшнековом экструдере Leistritz.
 - температурный режим экструзии по зонам от загрузочной зоны к головке 190–235 °С;
 - скорость вращения шнеков 200 об/мин. Производительность 6 кг/час.
- Исследуемые физико-механические показатели представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Исследуемые физико-механические показатели

Физико-химический показатель	ГОСТ	Дополнительная информация
Относительное удлинение при пределе текучести, %	ГОСТ 11262-80	Измерения производились на универсальной испытательной машине марки «5 KN Zwick», производства «Zwick/Roell», Германия
Модуль упругости при изгибе, МПа	ГОСТ 9550-81	

Ударная вязкость по Изоду с надрезом при +23 °С, кДж/м ²	ГОСТ 19109-84	Измерения производились на маятниковом копре типа «НІТ 50Р», производства «Zwick/Roell»
---	---------------	---

Стандартные литевые образцы были получены на термопласт-автомате Allrounder 370 CMD «Arburg Maschinen-fabrik Hehl & Sohne».

Режимы литья: Т материального цилиндра равна 200 – 250 °С, Т формы равна 40 – 75 °С, Р = 30/55 МПа.

Физико-механические испытания.

Согласно стандартным методикам определяли следующие параметры материалов:

Растяжение по ГОСТ 11262–80 Пластмассы. Метод испытания на растяжение. Контролировали прочность при разрыве, предел текучести при растяжении, относительное удлинение при разрыве и при пределе текучести.

Испытание проводили на разрывной машине «5 KN Zwick». Стандартные образцы – лопатка тип 2. Скорость движения траверсы 25 мм/мин.

Статический изгиб по ГОСТ 4648–71. Контролировали изгибающее напряжение при заданной нагрузке, изгибающее напряжение, возникающее при значении прогиба, равном 1,5 толщины образца.

Испытания проводили на машине «5 KN Zwick».

Для испытания использовали стандартные образцы, брусок 80x4x10.

Скорость нагружения 25 мм/мин

Определение ударной вязкости по Шарли по ГОСТ 4647–80. Величину ударной вязкости определяли на брусках 80x10x4 без надреза и с острым надрезом.

Испытания проводили на маятниковом копре типа «НІТ 50Р».

Определение светопропускания проводили в соответствии с ГОСТ 15875–80 на стандартных образцах (диски 50x2 мм). Метод заключается в непосредственном сравнении светового потока, прошедшего через испытуемый образец, со световым потоком, падающим на фотоэлемент в отсутствие образца. Испытания проводили на колориметре «Пульсар» при источнике света С по ГОСТ 7721–76.

Результаты и их обсуждение.

Исследования по изучению влияния нуклеирующих агентов на физико-химические свойства полипропилена проводились на образцах, не содержащих дополнительные вспомогательные вещества (смазки, стабилизаторы, процессинговые добавки и т.д.).

Влияние нуклеаторов: NA–1, NA–2, MDBS в интервале концентраций 0,1–0,3 % отражено в графиках, на рисунках 1–3. Как видно, при введении нуклеаторов в полипропилен значительно увеличиваются пределы прочности и текучести при растяжении (рисунок 1), увеличиваются модули упругости при изгибе и растяжении (рисунок 2), однако при этом снижается эластичность.

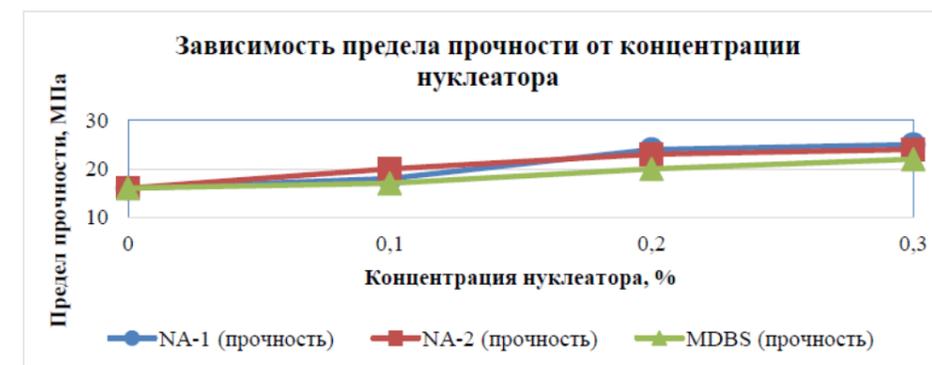


Рисунок 1 – Зависимость предела прочности от концентрации нуклеатора

Ударные и прочностные характеристики (кроме модуля упругости) остаются примерно на том же уровне. При введении органофосфатов NA-11 и NA-21, композиции характеризуются более высокими физико-механическими показателями. Зависимость модуля упругости от концентрации нуклеатора отражена на рисунке 2.

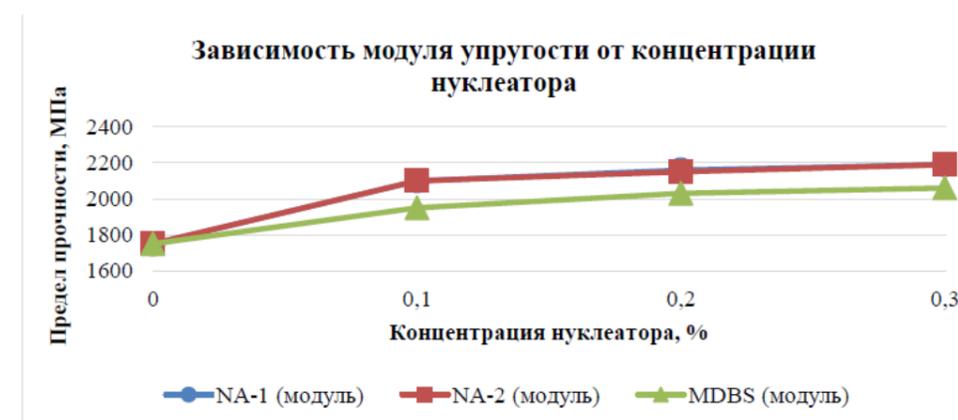


Рисунок 2 – Зависимость модуля упругости от концентрации нуклеатора

Как видно композиции с добавкой MDBS по оптическим свойствам значительно превосходят органофосфаты NA-11 и NA-22. На рисунке 3 показана зависимость коэффициента светопропускания от концентрации нуклеатора. При достижении определенной концентрации добавки оптические свойства перестают улучшаться. В некоторых случаях оптические свойства могут ухудшаться. Возможно, это связано с тем, что при большой концентрации нуклеатору не удается равномерно распределиться в полимере.

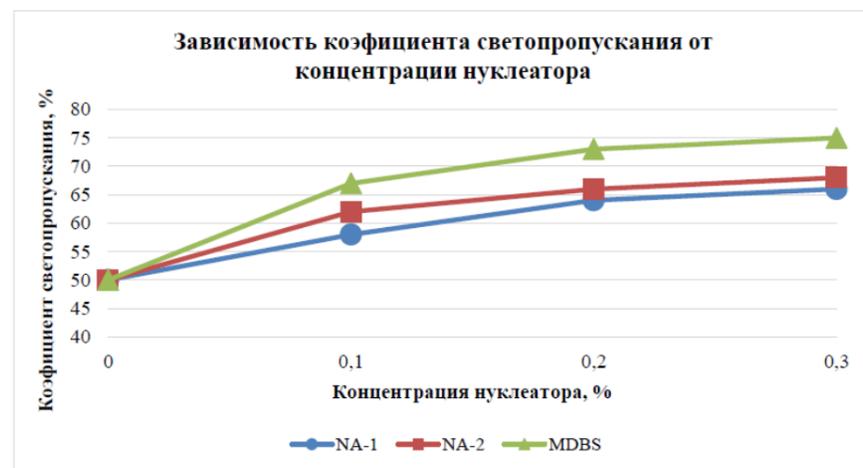


Рисунок 3 – Зависимость коэффициента светопропускания от концентрации нуклеатора

ВЫВОДЫ

Таким образом, результаты настоящей работы показывают, что введение нуклеирующих агентов MDBS, NA–21 в структуру полипропилена оказывает влияние на физико-механические свойства полипропилена.

Композиции, содержащие нуклеаторы – органофосфаты NA–11 и NA–21, характеризуются более высокими физико-механическими свойствами. Эти добавки целесообразно применять в тех случаях, когда не требуется достичь высоких оптических характеристик, а необходимо повысить производительность процесса изготовления изделий за счет сокращения цикла литья (производительность увеличивается на 15–30 % в зависимости от типа изделия и метода формования). При этом достигается эффект повышения модуля упругости снижения усадки.

При введении NA–11 и NA–21 в полипропилен значительно увеличиваются модули упругости при изгибе и растяжении, увеличиваются пределы прочности и текучести при растяжении, при этом снижается эластичность. При введении в образцы выбранных нуклеирующих агентов ударные и прочностные характеристики полипропилена остаются примерно на том же уровне. На производстве возможно применение данных добавок для повышения качества выпускаемой продукции. Определенный оптимальный процент ввода нуклеатора в полипропилен в размере 0,3 % позволит без существенного увеличения себестоимости продукции, улучшить потребительские характеристики товара и повысить его конкурентоспособность.

Композиции полипропилена, содержащие MDBS наоборот, обладают лучшей прозрачностью, но уступают по физико-механическим характеристикам композициям полипропилена, содержащим органофосфаты.

Образец с добавкой MDBS по оптическим свойствам значительно превосходит образцы с добавлением органофосфатов NA–11 и NA–22. Определенный оптимальный процент ввода добавки MDBS в полипропилен в размере 0,3 % позволит улучшить оптические свойства выпускаемой продукции, без

существенных затрат и прироста себестоимости. Данная добавка может быть использована при производстве емкостей, пластиковой посуды и т.д.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Справочник. Нуклеаторы / [электронный ресурс] – <http://www.newchemistry.ru/>
- 2 Сейтенова, Г. Ж., Дорофеев, А. В., Утеулиев, М. М. В поиске новых катализаторов // Наука и техника Казахстана. – 2005. – № 2. – С. 139–144.
- 3 Мусаипова, Б. Р., Сейтенова, Г. Ж. Анализ нефтехимического рынка продуктов переработки ПТ, БТ, СПБТ // Наука и техника Казахстана. – 2015. – № 3–4. – С. 70–75.
- 4 Гликштерн, М. В. Нуклеирующие добавки для полипропилена / М. В. Гликштерн // Полимерные материалы. – 2015. – № 5. – С. 13–14.
- 5 Демидова, А. Н., Масакбаева, С. Р. Влияние стабилизаторов на качество полипропилена // Технические науки – от теории к практике. – 2016. – № 12(30). – С. 161–167.
- 6 Шерманн, Л. М. Новое поколение добавок для полипропилена / Л. М. Шерманн // Plastics Technology. – 2014. – № 7. – С. 15–17.
- 7 Ивановский, С. К. Использование дисперсных наполнителей для создания композиционных материалов на основе полимерной матрицы / С. К. Ивановский, М. А. Мельниченко // Молодой ученый. – 2015. – № 15. – С. 91–93.
- 8 Dobrea, T., Lopez-Majada, J. M., Perena, J. M., Perez, E., Benavente, R. Nonisothermal melt-crystallization kinetics of isotactic polypropylene synthesized with a metallocene catalyst and compounded with different quantities of an alpha nucleator // Journal of applied polymer science. – 2008. – V. 109. – № 2. – P. 1338–1349.
- 9 Кербер, М. Л. Полимерные композиционные материалы : структура, свойства, технология: учеб. пособие / М. Л. Кербер, В. М. Виноградов, Г. С. Головкин и др.; под ред. А. А. Берлина. – Санкт-Петербург : Профессия, 2008. – 560 с.
- 10 Калинин, Э. Л. Полимерные материалы – важный фактор химизации экономики страны // Пластические массы. – 2010. – № 1 – С. 10–20.
- 11 Бондалетова, Л. И. Полимерные композиционные материалы (часть 1) : учебное пособие / Л. И. Бондалетова. – Томск : Издательство Томского политехнического университета, 2013. – 118 с.
- 12 Власов, С. В. Основы технологии переработки пластмасс : учебник для вузов / С. В. Власов, Л. Б. Кандырин, В. Н. Кулезнев и др. – М. : Химия, 2004. – 600 с.
- 13 Калинин, Э. Л., Саковцева, М. Б., Павлова, И. В., Морат, Д. Прогрессивные технологии стабилизации полимерной продукции // Полимерные материалы. – 2008. – № 7.
- 14 Михайлин, Ю. А. Термоустойчивые полимеры и полимерные материалы. СПб: Изд-во Профессия, 2006. – 628 с.

Материал поступил в редакцию 21.09.18.

Кудиярбеков Амирлан Сайдуллаевич

магистрант, «Химия және химиялық технологиялар» кафедрасы, Химиялық технологиялар және жаратылыстану факультеті,

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ, 140008, Қазақстан Республикасы,
e-mail: amirlansallem@gmail.com;

Масақбаева Софья Русланқызы

х.ғ.к., қауымд. профессоры (доцент), «Химия және химиялық технологиялар»
кафедрасы, химиялық технологиялар және жаратылыстану факультеті,
С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.,
140008, Қазақстан Республикасы,
e-mail: sofochka184@mail.ru.
Материал баспаға 21.09.18 түсті.

**Полипропиленнің физика-механикалық қасиеттеріне нуклейндеуші
агенттердің әсерін зерттеу**

Осы жұмыста химиялық қосылыстардың әртүрлі класстарына жататын нуклеаттердің полипропилен қасиетіне әсері зерттеледі. Полипропиленнің физика-механикалық қасиетіне нуклеаторлардың әсеріне алынған концентрациялық тәуелдігі алынды.

Зерттеу нысаны: полипропилен өндіруші «Компания Нефтехим LTD» ЖШС, нуклейндеуші агенттерінде мыналарды қолдандық: ди-п-метилдобензилденсорбитол (MDBS), 2,2'-метилден-бис-(4,6-дипретбутилфенил) натрий фосфаты (NA-11), бис-(2,2'-метилден-бис-(4,6-дипретбутилфенил)-фосфат гидроксид алюминий (NA-21).

Толтырғышты полипропиленмен эуструзиялық араластыру әдісі арқылы 0,1 -0,3% концентрациясының интервалында «толтырғыш/полипропилен» композиттері алынды.

Қоспалар Leistritz екі шнекті экструдерінде алынды. Стандартты қалыпталған үлгілер Allrounder 370 CMD «Arburg Maschinen- fabrik Hehl & Sohne» термопластикалық-автоматында алынды.

Зерттеу «Zwick/Roell» (Германия) өндіруші компанияның аспаптарында жүргізілді: «5 KN Zwick» маркалы әмбебап сынақ машинасы, «HIT 50P» түріндегі маятникті копр. С жарық көзі кезінде «Пульсар» түсіметрінде жарық өткізгіштігі сынақтары жүргізілді.

Кілтті сөздер: полипропилен, полипропиленді толтырғыш, нуклеатор, MDBS, NA-11, NA-21.

Kudiyarbekov Amirlan Saydullayevich

undergraduate student, Department of Chemistry and Chemical Technology,
Faculty of Chemical Technology and Natural Sciences,
S. Toraigyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: amirlansallem@gmail.com;

Massakbayeva Sofya Ruslanovna

Candidate of Chemical Sciences, associate professor, Department of Chemistry and
Chemical Technology, Faculty of Chemical Technology and Natural Sciences,
S. Toraigyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008,
Republic of Kazakhstan, e-mail: sofochka184@mail.ru.
Material received on 21.09.18.

**Investigation of nucleating agents impact on physical and mechanical properties
of polypropylene**

The influence on polypropylene properties of nucleators belonging to different classes of chemical compounds was studied in the present work. Concentration dependences of nucleators effect on polypropylene physical and mechanical properties were obtained.

Research objects: polypropylene produced by «Kompaniya Neftekhim LTD» LLP and following nucleating agents: di-p-methyldibenzylidenesorbitol (MDBS), 2,2'-methylene-bis (4,6-di-tertbutylphenyl) sodium phosphate (NA-11), bis (2,2'-methylene-bis (4,6-di-tert-butylphenyl) -phosphate hydroxyaluminum (NA-21).

The «filler/polypropylene» composites in the concentration range 0.1–0.3% were received by extruding the filler with polypropylene.

The mixtures were prepared by a Leistritz twin-screw extruder. Standard molded samples were received using automatic molding machine Allrounder 370 CMD «Arburg Maschinen- fabrik Hehl & Sohne».

The research was carried out using instruments manufactured by Zwick / Roell (Germany): universal testing machine «5 KN Zwick», pendulum copter «HIT 50P». Light transmittance tests were made on Pulsar colorimeter at C light source.

Keywords: polypropylene, polypropylene filling, nucleator, MDBS, NA-11, NA-21.

Sherov Karibek Tagayevich

Doctor of Technical Sciences, professor, Department of «Technological equipment, engineering and standardization», Karaganda State Technical University, Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan, e-mail: shkt1965@mail.ru;

Mazdubay Assylkhan Vladimirovich

PhD, associate professor (docent), Department of «Metallurgy», S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: asylkhan_m@mail.ru;

Orymbayeva Aliza Kumisbekkyzy

graduate student Department of «Metallurgy», S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: aliza.orymbayeva@mail.ru

CONSTRUCTIVE FEATURES OF CUTTING MACHINES FOR CUTTING METALLIC BLANKS

The cutting operation is one of the most used in machine building and many other industries. Depending on the material, shapes and dimensions of the blanks, different methods of cutting and matching equipment are used. This article discusses only the mechanical separation methods on the part of the blanks. Normally for cutting hollow and solid billets circular and band saws, various cutters are used. In this case, the machines can also be mobile. The solution to this problem was the development of a new TFO method for metal blanks with pulsed cooling.

Keywords: blank, the cutting operation, metal, cutting machines, rolling.

INTRODUCTION

The cutting operation is one of the most used in machine building and many other industries. For example, for cutting rolled in proposed a traveling saw, fixed via a swinging bracket on the frame. As this and other similar sawing machines tend to disadvantage associated with the presence of cutting tools – saws. A large friction of the tool on the blank often leads to the appearance of burns. The diameter of the saw greatly exceeds the diameter of the blank to create the necessary cutting forces. Teeth quickly wear out, due to both the friction of the blank and the tool, and great effort, because of what the saw breaks down. The quality of the cut (accuracy and cleanliness of the surface) is not high [1–6].

Figure 1 shows a cutting machine with a movable saw.

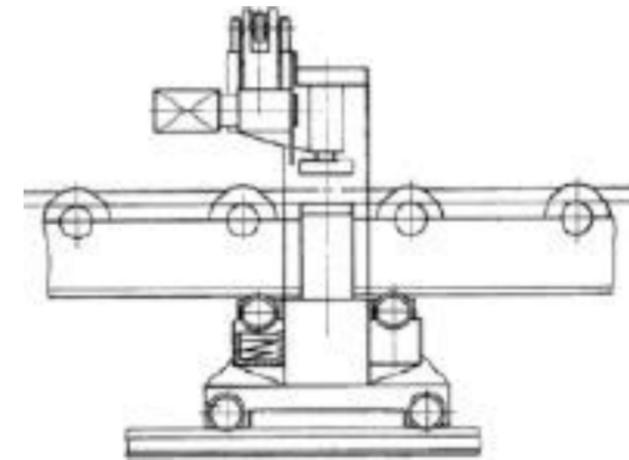


Figure 1 – Cutting machine with a movable saw

MAIN PART

In part, these disadvantages are devoid of machines equipped with an abrasive wheel as a cutting tool. For example, the cutting machine comprises a frame, a table, a driving cutting tool fixed to a rocker arm, and is supplied with a spring-loaded lock installed on the table in one plane with a cutting tool and a pusher disposed on the rocker arm and cooperating with the lock [2].

Figure 2 shows the cutting machine.

The machine allows you to cut large-sized billets from both sides without burning them. However, this requires a permutation, which is a drawback.

Figure 3 shows the cutting machine.

The cutting machine comprises a frame, a pivot table, a spindle with a drive and a circular saw under it, and a guide bar provided with a frame located on the frame and mounted in a rotatable manner, and a drive spindle are disposed on said frame.

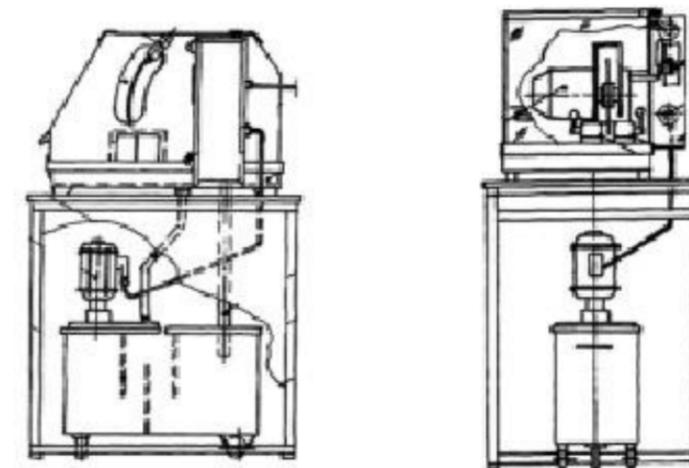


Figure 2 – Cutting machine

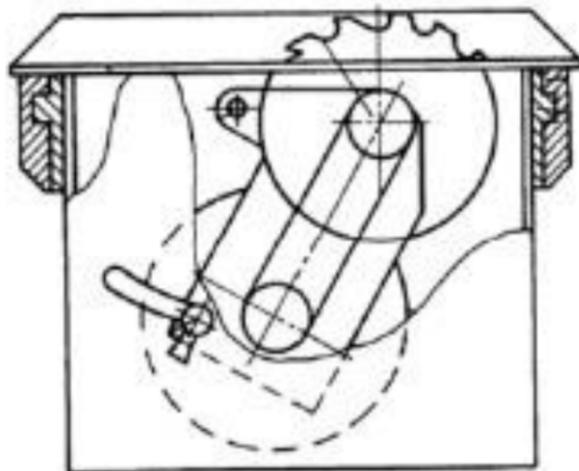


Figure 3 – Cutting machine

The disadvantage of this machine is the narrow technological capabilities and low productivity.

In Figure 4, a cut-off machine for cutting the driving of moving pipes to dimensional blanks.

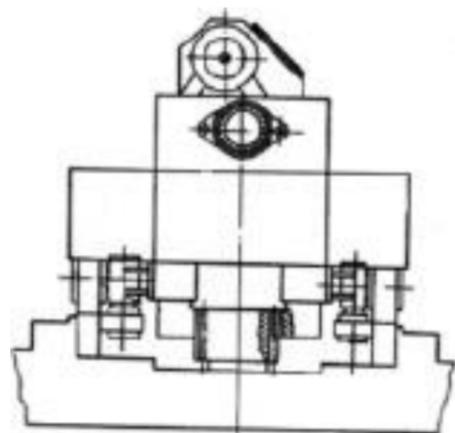


Figure 4 – Cutting machine for cutting continuously moving pipes on dimensional blank

The machine for cutting continuously moving pipes on measuring blanks, contains a frame with guides, a cut-off carriage, a carriage movement mechanism made in the form of a reducer and rack-and-pinion transmission, and with the purpose of increasing reliability, the carriage movement mechanism is provided with a bar.

The disadvantage of the machine for cutting continuously moving pipes is the unreliability of the carriage drive operation and technological narrowness.

Figure 5 shows a cutting machine with a continuous feed of blanks [7, 8].

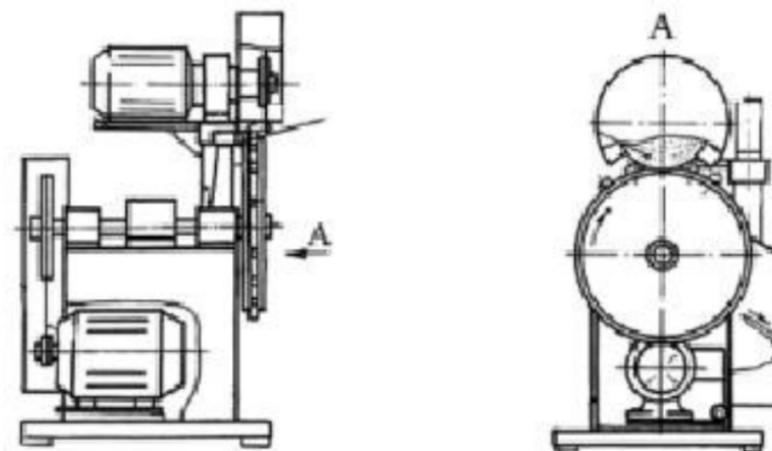


Figure 5 – Cutting machine with continuous feed of blanks

In the cutting machine for continuous feeding of blanks, and for feeding blanks, a mechanism is used in the form of a drum fixed to the shaft of the reducer.

The abrasive disc is located above the drum. The drum is made with radially disposed longitudinal seats for free placement of blanks in them, which are automatically clamped in the cutting zone by the clamping bars.

The quality of the surface of the cut with abrasive wheels is also not high. The use of abrasive wheels is limited both by this factor and by the release of hazardous dust (leads to silicosis) and a large consumption of grinding wheels due to friction.

Cutting blanks with cutters is used mainly for blanks of small diameter. At the same time, when cutting pipes, cutters are the most common tool, they are more effective than other methods. Also, the incisors usually provide an acceptable cut quality and good performance. Another advantage of using cutting tools for cutting pipes is the possibility of combining the cutting with the preparation of the edges for welding, if you use shaped cutters. But here too, a large consumption of cutters is observed due to friction of the tool on the blanks. Also there is a high labor input [9–11].

To reduce labor intensity and increase productivity while reducing the consumption of cutting tools, the method of thermal friction processing (TFO) allows. The design features of machines for thermo-friction processing (TFO) provide a large friction between the blanks and the tool. Thus, if in all previous methods friction was an undesirable factor, here it becomes a positive phenomenon. Preheating the blank to a high temperature is necessary to reduce the cutting resistance, which leads to a reduction in the required cutting forces and an increase in the cutting speed. But the instrument itself is practically not heated, since any point of the cutting edge of the tool is in contact with the blanks only for a very short time and does not have time to warm up to a high temperature [12–14].

For this reason, if the material of the blanks is strongly softened by the action of high temperature, the cutting tool retains its strength properties. Thus, the tool can be manufactured

not from special tool steels and alloys, but from conventional structural ones, which significantly reduces the cost of the tool and the cost of processing. But then the same problem arises - the loss of strength of the tool from structural steel from the effect of temperature.

The solution to this problem was the development of a new TFO method for metal blanks with pulsed cooling. Its essence consists in the application of a cooling liquid with pulsating pulsation in the cutting zone. In this case, the thermal and deformation fields are localized in the blanks, which makes it possible to translate the external friction between the method and the cut material into internal. The speed of rotation and the geometry of the cutting edge of the tool correspond to a certain frequency of pulsating, which was initially selected empirically. However, at the moment a mathematical model of the process has been compiled. It is sampled by the finite element method and implemented in the corresponding program using the Ansys package. The model makes it possible to determine the radial and tangential critical cutting forces (in dimensionless criterial values) and then, from the graphs, determine the required cutting regime.

For the wide implementation of the above method of cutting with pulsed cooling, the authors carry out the theme: «Development of the structures of a special machine allowing the supply of pulsed cooling and replacement of a cutting tool from hard alloy with a tool made of structural steel during thermal cutting of metal blanks» under the budget program: 055 «Scientific and/or scientific and technical activities», sub-program 101 «Grant financing of scientific research».

CONCLUSION

At present, the existing designs of machines for cutting metal pieces in the machine-building industry of the Republic of Kazakhstan and the CIS have been explored. The optimum variant of a design of the designed machine is determined and the following technical characteristic is developed:

- The number of revolutions of the friction disk varies stepwise due to the ratio of the pulleys of the electric motor and the spindle $n = 2500; 3000; 3500; 4000; 4500; 5000$ rpm;
- hydraulic feed with automatic control;
- disk diameters $D_{\min} = 260$ mm; $D_{\max} = 550$ mm;
- power of the electric motor of the main drive $N = 11$ kW, $n = 2800$ rpm, power of the electric motor of the oil pump drive 3,5 kW, $n = 780$ rpm;
- the coolant flow rate of the pump in the range $10 \div 45$ l/min.

REFERENCES

1 Шеров, К. Т., Сихимбаев, М. Р., Кузембаев, С. Б., Маздубай, А. В., Мусаев, М. М., Шеров, А. К., Доненбаев, Б. С. Конструктивные особенности отрезных станков для резки металлических заготовок // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 10–5. – С. 785–788.

2 [Electronic resource] URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=7626> (date of the application: 11.09.2018).

3 Нечаев, К. Н. Возможности термофрикционной обработки плоских поверхностей // Металлообработка. – 2004. – № 1 (19). – С. 2–3.

4 Сухинин, В. Б. Способы и условия обеспечения точности технологического оборудования // Омский научный вестник. – 2010. – № 2 (90). – С.55–56;

5 Жуматаев А. К., Олжабаев Р.О. Повышение надежности оборудования // Наука и Техника Казахстана. – 2010. – № 2. – С. 52–54.

6 Назаров, О., Хасанов, Г., Хурбоев, М. Современная технология механической обработки, металлорежущие станки – высокой степени совершенства // Современные исследования. – 2018. – № 5 (9). – С. 223–226;

7 Kotelnikova, V. Y., Umarova, A. P., Mikhailova, A. A., Iskakova, D. A. Metal Cutting Tool // Наука и Техника Казахстана. – 2015. – № 3–4. – С. 41–44.

8 Муқанов, Р. Б., Мендебаев, Т. М., Касенов, А. Ж. Усовершенствование конструкций инструментов // Сборник трудов IX Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в машиностроении». – Юрга, 24–26 мая 2018. – С. 151–154

9 Волков, О. А. Исследование теплodeформационного влияния при поверхностном упрочнении сталей термофрикционной обработкой // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2016. – Т. 2. – № 5 (80). – С. 38–44.

10 Покинтелица, Н. И. Кинематика процесса и геометрия инструмента при термофрикционной обработке металлов резанием // Ученые записки крымского инженерно-педагогического университета. – 2013. – № 40. – С. 86–91.

11 Шеров, К. Т., Сихимбаев, М.Р., Шеров, А. К., Мусаев, М. М., Доненбаев, Б. С. Математическое моделирование температурного поля при термофрикционной обработке // Труды университета. – 2016. – № 1 (62) – С. 27–33.

12 Кравченко, О. С., Покинтелица, Н. И. Деформационные и тепловые явления в зоне термофрикционного резания металла // Вестник пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение. – 2016. – Т. 18 – № 1. – С. 7–20.

13 Плахотник, В. А., Мелконов, Л. Д., Нерубашенко, А. В. Оптимизация режимов термофрикционного резания плоских поверхностей деталей // Ресурсосберегающие технологии производства и обработки давлением материалов в машиностроении. – 2010. – № 1. – С. 184–193.

14 Головлев, А. А., Нечаев, К. Н. Экспериментальное исследование процесса термофрикционной обработки отверстий // Металлообработка. – 2005. – № 4 (28). – С. 22–24.

Material received on 21.09.18.

Шеров Карибек Тогаевич

т.ғ.д., профессор, «Технологиялық жабдықтар, машинажасау және стандарттау» кафедрасы,
Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті,
Қарағанды қ., 100027, Қазақстан Республикасы,
e-mail: shkt1965@mail.ru;

Маздубай Асылхан Владимирович

PhD, қауымд. профессор (доцент), «Металлургия» кафедрасы
С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы,
e-mail: asylkhan_m@mail.ru;

Орымбаева Ализа Күмісбекқызы

магистрант, «Металлургия» кафедрасы,
С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы,
e-mail: aliza.orymbayeva@mail.ru.
Материал баспаға 21.09.18 түсті.

Металл дайындамаларды кесуге арналған машиналардың конструктивті ерекшеліктері

Кесу операциясы машинажасауда және басқа да көптеген салаларда ең қолайлы. Кесудің әртүрлі әдістерінің материалға, пішіміне және өлішіміне байланысты. Бұл мақалада бос жағынан механикалық бөлу әдістері ғана қарастырылады. Әдетте шұңқырлы және қатты бөренелерді кесу үшін доңгелек және диапазондағы аралар, түрлі кескіштер қолданылады. Бұл жағдайда, машиналар ұялы болуы мүмкін. Бұл мәселені шешу импульстік салқындатуға арналған металдан жасалған бұйымдар үшін жаңа ТФӨ әдісін құру болды.

Кілтті сөздер: болат, кесу жұмыстары, металл, кесу машиналары, илем.

Шеров Карибек Тогаевич

д.т.н., профессор, кафедра «Технологическое оборудование, машиностроение и стандартизация»,
Карагандинский государственный технический университет,
г. Караганда, 100027, Республика Казахстан,
e-mail: shkt1965@mail.ru;

Маздубай Асылхан Владимирович

PhD, ассоц. профессор (доцент), кафедра «Металлургия»,
Павлодарский государственный
университет имени С. Торайғырова,
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан,
e-mail: asylkhan_m@mail.ru;

Орымбаева Ализа Күмісбекқызы

магистрант, кафедра «Металлургия»,
Павлодарский государственный университет имени С. Торайғырова,
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан,
e-mail: aliza.orymbayeva@mail.ru.
Материал поступил в редакцию 21.09.18.

Конструктивные особенности машин предназначенных для резки металлических заготовок

Режущая операция является одной из наиболее используемых в машиностроении и многих других отраслях. В зависимости от материала, форм и размеров заготовок используются различные методы резки и согласования оборудования. В этой статье обсуждаются только методы механического разделения заготовок. Обычно для резки полых и сплошных заготовок используются круглые и ленточные пилы, различные фрезы. В этом случае машины также могут быть мобильными. Решением этой проблемы было создание нового метода ТФӨ для металлических заготовок с импульсным охлаждением.

Ключевые слова: заготовка, операция резания, металл, режущие машины, прокат.

Сейтенова Гайни Жумағалиевна

к.х.н., ассоц. профессор (доцент), кафедра «Механика и нефтегазовое дело»,
Факультет металлургии, машиностроения и транспорта,
Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

Дюсова Ризагуль Муслимовна

магистр, преподаватель, кафедра «Механика и нефтегазовое дело»,
Факультет металлургии, машиностроения и транспорта,
Павлодарский государственный университет имени
С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

Кибатов Даулет Серикович

магистрант, кафедра «Механика и нефтегазовое дело»,
Факультет металлургии, машиностроения и транспорта,
Павлодарский государственный университет имени
С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

Абетанов Медияр Бейсембекович

магистрант, кафедра «Механика и нефтегазовое дело»,
Факультет металлургии, машиностроения и транспорта, Павлодарский государственный
университет имени С. Торайгырова,
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;
e-mail: riza92@bk.ru

**МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОММЕРЧЕСКИМ
УЗЛОМ УЧЕТА НЕФТИ НА ГНПС «КУМКОЛЬ»**

В статье рассматривается проект модернизации системы управления узлом учета нефти на головной нефтеперекачивающей станции «Кумколь». В плане предусмотрена автоматическая система учета нефти, обеспечивающая бесперебойную, качественную работу трубопровода. ГНПС «Кумколь» является стратегическим объектом в системе нефтепроводов Казахстана, который ведет перекачку на ТОО «ПетроКазахстан Ойл Продактс», а также на экспорт в КНР. Проектом предусмотрена полностью автоматизированная система управления технологическим процессом транспортировки нефти, используется новейшее микропроцессорное оборудование производства SIEMENS, которое раньше не эксплуатировалось в Казахстане для перекачки нефти. Измерения показателей нефти производятся согласно стандартам республики с минимальными погрешностями. Вычислитель расхода входящих в систему обеспечивает измерение, вычисление, индикацию, архивирование информации и выдачу в информационную сеть многих параметров при учете товарной нефти.

Ключевые слова: нефтепровод, эксплуатация, нефтеперекачивающая станция, узел учета, автоматизированная система.

ВВЕДЕНИЕ

Нефтепровод Кенкияк – Кумколь является важной частью нефтепровода Казахстан – Китай, введен в эксплуатацию в конце 2009 года. В 2010 году, в рамках соглашения между правительством КНР и правительством РК о развитии всестороннего сотрудничества в области нефти и газа от 17 мая 2004 года, была построена новая головная нефтеперекачивающая станция (ГНПС) Кумколь,

аналогов которой нет в Казахстане. Здесь полностью автоматизирована система управления технологическим процессом транспортировки нефти, используется новейшее микропроцессорное оборудование производства SIEMENS, которое раньше не эксплуатировалось в Казахстане для перекачки нефти.

ГНПС «Кумколь» осуществляет прием нефти Кумкольской группы месторождений и нефти западного региона по нефтепроводу Кенкияк-Кумколь. Осуществляет перекачку нефти на экспорт в направлении КНР через МН Кумколь-Каракоин (участок Каракоин-Атасу), и на Шымкентский нефтеперерабатывающий завод (ТОО ПКООП) через МН Кумколь – Каракоин (участок Каракоин – ПСП Шымкент).

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Для автоматизированного коммерческого учета нефти, поступающей с Кумкольского месторождения следует применять системы измерений количества и показателей качества нефти (СИКН).

В связи с этим было принято решение о модернизации системы управления коммерческим узлом учета нефти на ГНПС «Кумколь».

ГНПС Кумколь осуществляет прием Кумкольской нефти и перекачку ее по нефтепроводу Кенкияк-Кумколь. Согласно СНиП РК 2.04.01–2001* район строительства относится к IVГ климатическому району со следующими природно-климатическими условиями [1]:

средняя максимальная температура воздуха наиболее теплого месяца	+ 29,5 °С
средняя температура воздуха наиболее холодной пятидневки	- 32,0 °С
расчетная снеговая нагрузка	1,2 кПа
нормативная ветровая нагрузка	0,38 кПа

Рабочая среда – нефть по стандарту РК 1347–2005. Физико-химические свойства нефти представлены в таблице 1. [2].

Таблица 1 – Физико-химические свойства нефти

	Наименование показателя	Значение показателя
1	Температура нефти, °С – минимальная – максимальная	минус 5,0 плюс 50,0
2	Плотность, кг/м ³	от 785 до 880
3	Вязкость кинематическая, сСт,	от 3,5 до 150
4	Давление насыщенных паров при максимальной температуре нефти, кПа (мм.рт.ст), не более	66,7 (500)
5	Массовая доля воды, %, не более	1,0
6	Массовая концентрация хлористых солей, мг/дм ³ , не более	300
7	Массовая доля механических примесей, %, не более	0,1

8	Массовая доля парафина, %	16
9	Массовая доля серы, %	2,0
10	Массовая доля сероводорода, млн ⁻¹ (ppm), не более	20
11	Массовая доля метил-и этил-меркаптанов в сумме, млн ⁻¹ (ppm), не более	40
12	Содержание свободного газа, %	не допускается

Основные технические характеристики и технологические режимы работы СИКН ГНПС «Кумколь» представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Основные технические характеристики и работы СИКН ГНПС «Кумколь»

Наименование показателя	Значение показателя
1 Расход нефти через СИКН, т/ч	от 100 до 1500 на 1-м этапе и до 2500 на 2-м этапе по реконструкции
2 Давление нефти, МПа – рабочее – минимальное допускаемое – максимальное допускаемое	от 3,1 до 6,2 3,0 6,3
3 Суммарные потери давления на СИКН при максимальном расходе и максимальной вязкости, МПа – в рабочем режиме – в режиме поверки	0,2 0,4
4 Режим работы СИКН	непрерывный
5 Режим управления запорной арматурой	автоматизированный
11 Режим работы ПУ	Автоматизированный, периодический
12 Способ поверки ПУ	по стенду поверки
13 Электроснабжение	3-х фазное 380 В / 50 Гц 220 В / 50 Гц
14 Категория электроснабжения по ПУЭ	2

Рабочим проектом предусматривается проектирование следующих функциональных блоков и систем, входящих в состав СИКН:

- блок измерительных линий (БИЛ);
- блок измерений показателей качества нефти (БИК);
- пробозаборное устройство щелевого типа с лубрикатором;
- технологические и дренажные трубопроводы;
- дополнительные БИЛ для увеличения максимального измеряемого расхода СИКН до 2500 т/ч.

В составе СИКН применены средства измерений (СИ), внесенные в реестр государственной системы обеспечения единства измерений Республики Казахстан,

поверенные и допущенные к применению в установленном порядке в Республике Казахстан.

Согласно ГОСТ 8.587–2006 предел относительной погрешности измерения массы брутто нефти не должна превышать $\pm 0,25$ %, а предел относительной погрешности массы нетто нефти не более $\pm 0,35$ % [3].

Метрологические характеристики СИ, входящих в состав СИКН должны удовлетворять следующим требованиям, представленным в таблице 3 [5].

Таблица 3 – Требования к метрологическим характеристикам СИ

Тип СИ	Пределы допускаемой погрешности СИ	Значение показателя
Основные СИ		
Массовый расходомер	Пределы допускаемой относительной погрешности измерения массового расхода в рабочем диапазоне расходов, % не более	$\pm 0,25$
Преобразователь плотности	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения плотности, кг/м ³ не более	$\pm 0,3$
Преобразователь температуры	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения температуры, °С не более	$\pm 0,2$
Термометр	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения температуры, °С не более	$\pm 0,2$
Преобразователь давления	Пределы допускаемой приведенной погрешности измерения давления, % не более	$\pm 0,5$
Манометр	Пределы допускаемой приведенной погрешности измерения давления, % не более	$\pm 0,6$
Система обработки информации (СОИ)	Пределы допускаемой относительной погрешности преобразования информации, % не более	$\pm 0,05$

Все СИ, входящие в состав СИКН должны проходить поверку в соответствии с требованиями действующих нормативных документов [6, 7].

БИЛ предназначен для формирования и выдачи информации по массовому расходу, давлению и температуре перекачиваемой нефти, а также проведения оперативных переключений при переходе с рабочей на резервную измерительную линию (ИЛ), проведения поверки, контроля метрологических характеристик (КМХ) расходомеров массовых (РМ).

БИК предназначен для формирования и выдачи информации по плотности, давлению и температуре перекачиваемой нефти, ручному и автоматическому отбору пробы по ГОСТ 2517–85 [4]. Конструктивно БИК выполнен по насосной схеме и представляет собой трубопровод DN50 с установленными на нем запорно-регулирующей арматурой и контрольно-измерительными приборами.

Пробозаборное устройство предназначено для забора нефти и непрерывной подачи ее в БИК. Нефть в БИК отбирается из выходного коллектора СИКН (после места врезки возвратного трубопровода от ПУ) через пробозаборное устройство щелевого типа с лубрикатором. В качестве пробозаборного устройства на выходном трубопроводе СИКН установлен механизм выдвижной для пробозаборной трубки МВПТ-А-400-6,3–1л., ООО «БОЗНА», г. Бугульма.

В состав межблочной обвязки входят технологические трубопроводы соединяющие блоки и переходные площадки.

Межблочные дренажные трубопроводы учтенной и неучтенной нефти обеспечивают объединение всех закрытых дренажных систем технологических блоков, узлов и межблочных технологических трубопроводов СИКН. Под навесом предусмотреть грузоподъемное устройство. В качестве грузоподъемного устройства применить таль ручную шестеренную передвижную грузоподъемностью 1т [8].

В результате модернизации, автоматизированная система учета и показателей нефти позволит непрерывно контролировать качество продукта, пропускаемого через трубопровод.

Вычислитель расхода обеспечивает измерение, вычисление, индикацию, архивирование информации и выдачу в информационную сеть следующих параметров при учете товарной нефти:

– прием и обработка сигналов первичных преобразователей и вторичной аппаратуры (далее ВА):

а) с БИК (объемного расхода, плотности, температуры, давления);

б) с БИЛ (температуры, давления, массового расхода);

– преобразование значений параметров входных сигналов (импульсных, токовых) в значения величин;

– вычисление и отображение текущих значений параметров:

а) массы нефти по каждой линии отдельно и по СИКН в целом,

б) объемного расхода в БИК,

в) плотности (при рабочих температуре и давлении),

г) кинематической вязкости (при рабочих температуре и давлении),

д) температуры в каждой и в БИК,

е) давления в каждой линии и в БИК;

ж) контроль значений величин, звуковая сигнализация и печать сообщений о выходе значений за установленные пределы;

– приведение плотности к нормальным условиям ($T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $P_{\text{изб}} = 0$ и $T = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $P_{\text{изб}} = 0$) и к условиям измерения объема на СИКН;

– вычисление параметров: средневзвешенных значений плотности, температуры, давления;

– вычисление массы брутто нефти по каждой измерительной линии отдельно и суммарного значения массы брутто нефти СИКН (с начала цикла, смены, суток);

– вычисление объема нефти по каждой измерительной линии отдельно и суммарно по всем измерительным линиям с начала цикла, смены, суток при температуре и давлении на СИКН и вычисление суммарного объема по всем измерительным линиям (за отчетный период), приведенного к нормальным условиям ($T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $P_{\text{изб}} = 0$ и $T = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $P_{\text{изб}} = 0$);

– возможность установки времени цикла (например, 1 час, 2 часа и т.д.) и смены, а также нормальных условий эксплуатации при настройке системы на месте эксплуатации;

– возможность настройки системы в любое время обслуживающим персоналом с соответствующими правами доступа;

– формирование, автоматическая печать отчетов (с начала цикла, сменный, суточный);

– создание и ведение архивов отчетов с возможностью просмотра и печати;

– учет времени работы средств измерений и оборудования с возможностью выборки по времени (за любой интервал времени, с возможностью разбивки по месяцам);

– создание и ведение отдельных журналов аварийных и оперативных событий (аварийные события, изменения режимов работы, изменения уровня доступа и т.д.) с возможностью просмотра и печати;

– управление автоматическими пробоотборниками;

– защита информации системой доступов и паролей;

– информационный обмен с контроллером измерительным (основным, резервным) по интерфейсу RS-485;

– информационный обмен через промышленный коммутатор по сети Ethernet с АРМ оператора СИКН [9, 10, 11].

ВЫВОДЫ

Модернизация системы управления коммерческим узлом учета нефти на ГНПС «Кумколь» позволит повысить эффективность работы насосной станции, минимизировать погрешности при измерениях, автоматизировать не только систему учета нефти, а также работу всей станции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 СНиП РК 2.04-01-2001 «Строительная климатология».
- 2 СТ РК 1347-2005. «Нефть. Общие технические условия».
- 3 ГОСТ 8.587-2006 «Нефть и нефтепродукты. Методы измерения массы. Рекомендации в РК зарегистрированы под №002/834».
- 4 ГОСТ 2517-85. Нефть и нефтепродукты. Методы отбора проб.

5 СТ РК 2.18-2003 «ГСИ РК. Методики выполнения измерений. Порядок разработки, метрологической аттестации и применения»;

6 СТ РК 2.6-2003 «ГСИ РК. Программа испытаний для целей утверждения типа средств измерений. Общие требования»;

7 **Баимбетова, Д. М., Сейтенова, Г. Ж.** К вопросу о применении метода ССП при проектировании трубопроводов // Наука и техника Казахстана. 2013. № 1–2. – С. 15–18;

8 **Сейтенова, Г. Ж., Дорофеев, А. В., Утеулиев, М. М.** В поиске новых катализаторов // Наука и техника Казахстана. 2005. № 2. С. – 139–144;

9 **Faraj, Y., Wang, M., Jia, J., Wang, Q., Xie, C.-G., Oddie, G., Primrose, K., Qiu, C.** Measurement of vertical oil-in-water two-phase flow using dual-modality ERT-EMF system // Flow Measurement and Instrumentation. – 2018. – 46. – P. 255–261.

10 **Mecham, T., Stanley, G., Pelletier, M., Liou, J.C.P.** High speed data communications and high speed leak detection models : Impact of thermodynamic properties for heated crude oil in large diameter, insulated pipelines-Application pacific pipeline system // Proceedings of the Biennial International Pipeline Conference, IPC. 2018. – 2. – P. 1121–1130.

11 **Suerbaev, Kh. A., Kanapieva, F. M., Seitenova, G. Zh., Chepaikin, E. G.** Carboxylation of organic compounds with metal alkyl carbonates (review) // Petroleum Chemistry. 2009. Т. 49. № 4. P. 265–273.

Материал поступил в редакцию 21.09.18.

Сейтенова Ғайни Жұмағалиқызы

х.ғ.к., қауымд. профессор (доцент),
«Механика және мұнай газ ісі» кафедрасы, Металлургия, машинажасау және көлік факультеті, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;

Дюсова Ризагуль Муслимовна

магистр, оқытушы, «Механика және мұнай газ ісі» кафедрасы, Металлургия, машинажасау және көлік факультеті, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: riza92@bk.ru;

Кибатов Даулет Серикович

магистрант, «Механика және мұнай газ ісі» кафедрасы, Металлургия, машинажасау және көлік факультеті, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;

Абетанов Медияр Бейсембекович

магистрант, «Механика және мұнай газ ісі» кафедрасы, Металлургия, машинажасау және көлік факультеті, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы. Материал баспаға 21.09.18 түсті.

«Құмкөл» бас мұнай айдау станциясында мұнайды есепке алудың коммерциялық торабын басқару жүйесін жаңғырту

Мақалада «Құмкөл» бас мұнай айдау станциясында мұнайды есепке алу торабын басқару жүйесін жаңғырту жобасы қарастырылады. Жоспарда құбырдың үздіксіз, сапалы жұмысын қамтамасыз ететін мұнайды есепке алудың автоматты жүйесі қарастырылған. «Құмкөл» бас мұнай айдау станциясы Қазақстанның мұнай құбырлары жүйесінде стратегиялық объект болып табылады, ол «ПетроҚазақстан Ойл Продактс» ЖШС-не, сондай-ақ ҚХР-ға экспортқа қайта айдау жүргізеді. Жобада мұнай тасымалдаудың технологиялық процесін басқарудың толық автоматтандырылған жүйесі қарастырылған, бұрын Қазақстанда мұнай айдау үшін пайдаланылмайтын SIEMENS өндірісінің жаңа микропроцессорлық жабдығы пайдаланылады. Мұнай көрсеткіштерін өлшеу Республика стандарттарына сәйкес ең аз қателіктермен жүргізіледі. Жүйеге кіретін шығын есептеуіш ақпаратты өлшеуді, есептеуді, индикациялауды, мұрағаттауды және ақпараттық желіге тауарлық мұнайды есепке алу кезінде көптеген параметрлерді беруді қамтамасыз етеді.

Кілтті сөздер: мұнай құбыры, пайдалану, мұнай айдау станциясы, өлшеу қондырғысы, автоматтандырылған жүйе.

Seitenova Gaini Zhumagaliyevna

Candidate of Chemical Sciences, associate professor,
Department of Mechanics and Oil and Gas Engineering, Faculty of Metallurgy,
Machine Building and Transport, S. Toraihyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

Dyussova Rizagul Muslimovna

Master, lecturer, Department of Mechanics and Oil and Gas Engineering,
Faculty of Metallurgy, Machine Building and Transport,
S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008,
Republic of Kazakhstan, e-mail: riza92@bk.ru;

Kibatov Daulet Serikovich

undergraduate, Department of Mechanics and Oil and
Gas Engineering, Faculty of Metallurgy, Machine Building and Transport,
S. Toraihyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

Abetanov Madiyar Beisembekovaic

undergraduate student, Department of Mechanics and Oil and Gas Engineering,
Faculty of Metallurgy, Machine Building and Transport,
S. Toraihyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 21.09.18.

Modernization of the management system of the oil accounting commercial node at the HOPS «Kumkol»

The article discusses a project to modernize the management system of an oil metering station at the Head pumping station «Kumkol». The plan provides for an automatic oil metering

system that ensures uninterrupted, high-quality pipeline operation. Head oil transfer station «Kumkol» is a strategic facility in the oil pipeline system of Kazakhstan, which is pumping to «PetroKazakhstan Oil Products» LLP, as well as for export to the PRC. The project provides for a fully automated process control system for oil transportation, using the latest microprocessor equipment manufactured by SIEMENS, which was not previously used in Kazakhstan for pumping oil. Measurements of oil indicators are made according to the standards of the republic with minimal errors. The calculator included into the system provides measurement, calculation, indication, archiving of information and output to the information network of many parameters when accounting for marketable oil.

Keywords: oil pipeline, operation, oil pumping station, metering station, automated system.

ГРНТИ 50.51.19, 55.03.45

Смагулова Асемгуль Сериковна

к.т.н., ст. преподаватель, кафедра «Информационно-вычислительные системы»,
Карагандинский государственный технический университет,
г. Караганда, 100027, Республика Казахстан,
e-mail: asemgul_s@mail.ru;

Кияшова Айым Мейрамовна

магистрант, кафедра «Информационно-вычислительные системы»,
Карагандинский государственный технический университет,
г. Караганда, 100027, Республика Казахстан,
e-mail: kam1811sbn@gmail.com

РАСЧЕТ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО АНАЛИЗА В РАМКАХ ПАКЕТА ANSYS WB

Проведен расчетный анализ ведомого и ведущего колес прямой зубчатой передачи. В процессе анализа было определено напряженно-деформированное состояние в зоне зацепления зубьев, даны методы решения с применением программного комплекса ANSYS, классические методы расчета.

В этой статье основное внимание уделяется изучению механического поведения цилиндрической зубчатой передачи при моделировании в программном обеспечении.

В результате расчетов найдены контактные напряжения. Численные методы анализа, заложенные в программе ANSYS, дают несущественные расхождения в расчетах классическими методами и позволяют обходиться без эмпирических коэффициентов, используя стандартные характеристики механических свойств.

Ключевые слова: зубчатая передача, шестерня, колесо, касательное напряжение, метод конечных элементов, ANSYS.

ВВЕДЕНИЕ

Зубчатые колеса используются для изменения скорости, величины и направления источника питания. Они наиболее широко используются в качестве механических элементов передачи энергии. Когда объединены две шестерни с неравным количеством зубов, производительная мощность реализуется как угловыми скоростями, так и моментами двух передач, отличающимися простым соотношением. Зубчатое зацепление – основной узел редуктора, при расчете которого используются эмпирические зависимости, скрывающие физическую сущность. На практике при передаче коробки передач происходят резкие изменения нагрузки с точки зрения передачи нагрузки [1]. Таким образом, нагрузка, действующая на пару зубов, зависит от жесткости этой пары. Это приводит к изменению распределения нагрузки между точками контакта [2, 3]. В работе [2] предложена математическая модель распределения нагрузки по линии контакта. В этом исследовании используется метод конечных элементов (МКЭ) для исследования изменения контактного напряжения вдоль линии контакта [4, 5].

В процессе работы зубчатое колесо испытывает нагрузки как статического, так и динамического характера.

К статическим нагрузкам, точнее к нагрузкам квазистатического характера, можно отнести нагрузки от передаваемого момента. Нагрузки статического характера достаточно хорошо анализируются методами деталей машин и могут приводить к повреждению зубчатых колес в достаточно редких случаях, таких как работа колеса при кратковременных значительных перегрузках. Дефекты зубчатых колес и их валов такого рода достаточно просто устраняются путем локального усиления.

К нагрузкам динамического характера относятся нагрузки от пересопряжения зубьев колес и от вращательного движения. Такие нагрузки приводят к наибольшему числу повреждений зубчатых колес [6].

Особенно актуальной задача численного моделирования процессов зацепления зубчатых колес видится при разработке трансмиссионных редукторов двигателей. При их проектировании анализ напряжений зубчатых колес является одним из ограничивающих факторов. Анализ напряжений фокусируется на определении областей концентрации напряжений, где может возникнуть разрушение или отказ [7, 8].

В настоящей работе основное внимание уделяется методике расчета зацеплений зубчатых колес, предпринята попытка верификации расчетных моделей с применением численного [9] и аналитического методов. Для этого в данной работе проведен статический анализ ведомого и ведущего колес прямой зубчатой передачи и рассмотрен машинный анализ процесса зацепления в модуле Static structural программы ANSYS WB.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Рассматриваются зубчатая передача, которая состоит из шестерни и колеса находящихся в зацеплении (рисунок 1). Материал изготовления зубчатой пары – конструкционная сталь, ст. 45.

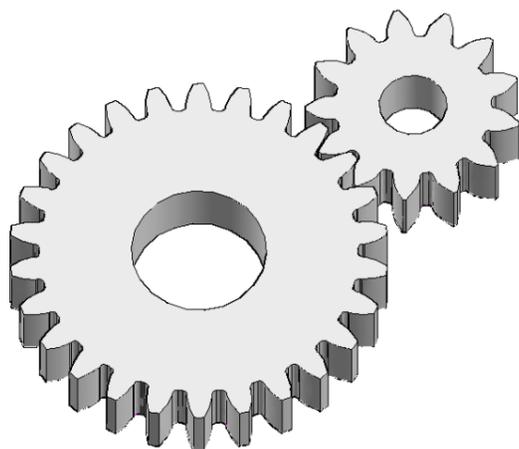


Рисунок 1 - Модель зубчатого зацепления колеса и шестерни

Анализ производится с целью определения напряженно-деформированное состояние (НДС) в зоне зацепления зубьев. Представлены два метода анализа напряжения, возникающего в зубцах зубчатой передачи, аналитический и численный метод.

Определение контактного напряжения передачи аналитическим методом производится по формуле (1):

$$\sigma_H = \frac{K}{a_w} \sqrt{\frac{K_H T_2}{b u^2} (u + 1)^3} = \frac{310}{119,75} \sqrt{\frac{1,13 \cdot 250 \cdot 10^3}{30 \cdot 2^2} (2 + 1)^3} = 640 \text{ МПа} \leq [\sigma_H]$$

где K – коэффициент учитывающий профиль зуба, для прямозубой передачи оно равняется K=310;

T₂ – крутящий момент на валу колеса, Нмм.

Остальные необходимые параметры указаны в таблицах 1–2.

Таблица 1 – Основные геометрические параметры

Параметры	Обозначение и величина
Делительное межосевое расстояние	$a = 117 \text{ мм}$
Коэффициент суммы смещений	$x_{\Sigma} = 0,5 \text{ мм}$
Угол профиля	$\alpha_t = 20^\circ$
Угол зацепления	$\alpha_{\text{пр}} = 23,36^\circ$
Делительный диаметр:	
шестерни	$d_1 = 78 \text{ мм}$
колеса	$d_2 = 156 \text{ мм}$
Межосевое расстояние	$a_w = 119,75 \text{ мм}$
Передаточное число	$u = 2$
Начальный диаметр:	
шестерни	$d_{w1} = 79,8 \text{ мм}$
колеса	$d_{w2} = 159,7 \text{ мм}$
Коэффициент воспринимаемого смещения	$y = 0,458 \text{ мм}$
Коэффициент уравнительного смещения	$\Delta y = 0,042 \text{ мм}$

Диаметр вершин зубьев:	
шестерни	$d_{a1} = 95,5 \text{ мм}$
колеса	$d_{a2} = 167,5 \text{ мм}$
Диаметр впадин:	
шестерни	$d_{f1} = 69 \text{ мм}$
колеса	$d_{f2} = 141 \text{ мм}$
Высота зуба:	
шестерни	$h_1 = 13,2 \text{ мм}$
колеса	$h_2 = 13,2 \text{ мм}$
Основной диаметр:	
шестерни	$d_{b1} = 73,3 \text{ мм}$
колеса	$d_{b2} = 146,6 \text{ мм}$
Расчетный шаг	$P = 18,85 \text{ мм}$
Шаг зацепления	$P_a = 17,304 \text{ мм}$
Толщина зуба по делительной окружности	
шестерни	$S_1 = 11,608 \text{ мм}$
колеса	$S_2 = 9,425 \text{ мм}$
Коэффициент перекрытия	$\varepsilon_a = 1,37$

Таблица 2 – Дополнительные исходные данные

Параметры	Обозначение и величина
Нормальный исходный контур:	
- модуль	$m = 6$
Число зубьев:	
- шестерни	$z_1 = 13$
- колеса	$z_2 = 26$
Угол главного профиля	$\alpha = 20^\circ$
Коэффициент высоты головки зуба	$h_\alpha^* = 1.0$

Коэффициент радиального зазора	$c^* = 0.25$
Коэффициент радиуса кривизны переходной кривой	$p_f^* = 0.38$
Колеса цилиндрические, угол наклона зуба	$\beta = 0^\circ$
Коэффициент смещения:	
- шестерни	$x_1 = 0.5$
- колеса	$x_2 = 0$

Для реализации численного метода (МКЭ) будем использовать программу ANSYS WB. Программный комплекс ANSYS позволяет детально анализировать НДС различных механизмов, в том числе механических систем, содержащих в своей структуре зубчатые колеса.

Для исследования в расчетном модуле системы ANSYS механическую систему, содержащую в своей структуре зубчатые колеса, были созданы трехмерные модели колеса и шестерни, обладающие реалистичной геометрией. Для моделирования зубчатой пары были использованы те же параметры, которые применялись при аналитическом расчете (таблица 1). Дискретизация моделей зубчатой пары были выполнены с использованием SOLID 186 (ANSYS 18.2), двадцатиузлового кирпичного конечного элемента с промежуточными узлами, подходящего для определения напряжений с оптимальным использованием вычислительного времени и ресурсов [10].

Зубчатая пара имеют сетчатый элемент отображенный методом конечных элементов, как показано на рисунке 2. Размер элементов варьировался в зависимости от удаленности зоны контакта [11, 12]. Данный подход позволяет экономить машинное время в процессе решения. Минимальный размер элемента, который расположен на плоскости контакта, составляет 0,1 мм.



Рисунок 2 - Модель сетки конечных элементов зубчатой пары

На осях внутренних отверстий, являющихся центрами вращения шестерни и колеса, степени свободы по осям UZ присутствуют. Шестерне задается крутящий момент, $T = 120$ кНм, также к колесу и шестерне придается свободная опора по внутренней поверхности отверстия (рисунок 3).

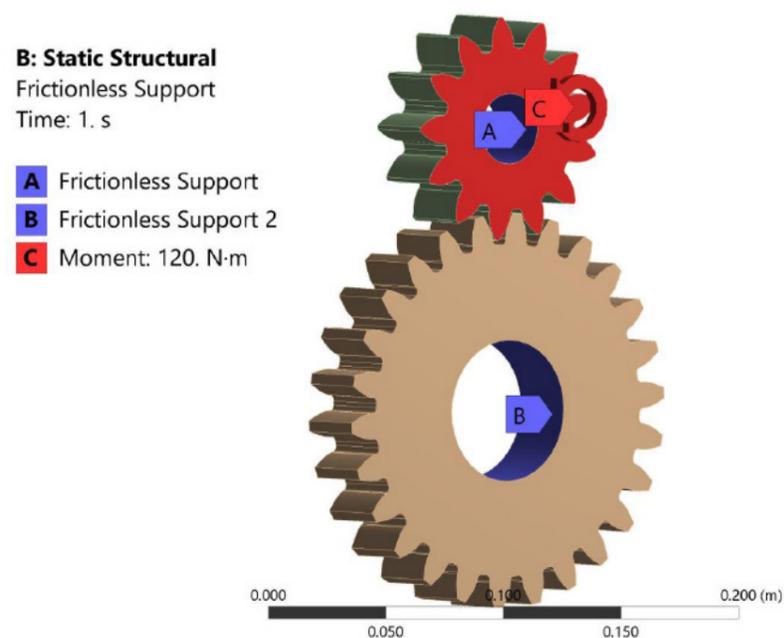


Рисунок 3 – Граничные условия

Расчеты были выполнены для оценки контактного напряжения. Распределение напряжения по сетке зубчатой пары показано на рисунке 4. Условие граничного

контакта между шестерней было смоделировано с использованием типов элементов CONTA174 и TARGE170 (ANSYS 18.2) [10].

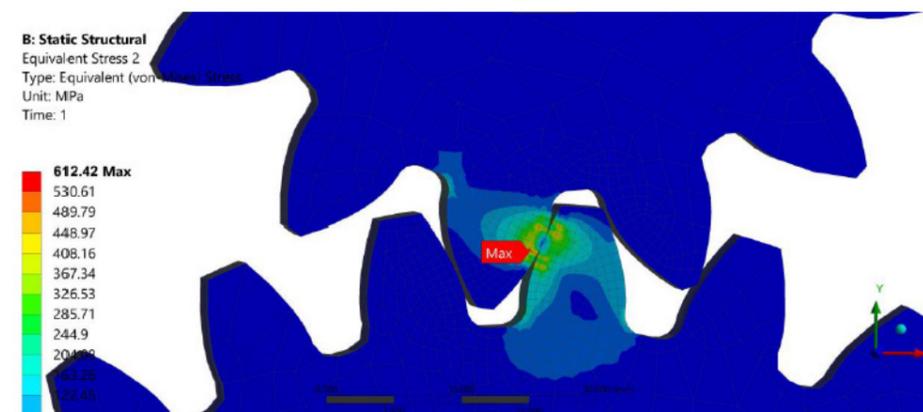


Рисунок 4 – Распределение контактного напряжения в зоне сопряжении зубьев

В представленной диаграмме можно наблюдать распределение контактного напряжения в точках соприкосновения пары зубчатого зацепления. Максимальные точки напряжения на каждой поверхности представлены красным цветом, и его точное значение можно найти из шкалы, показанной рядом. Значение максимальное контактного напряжения составляет 613 Мпа.

ВЫВОДЫ

Таким образом, представленная модель КЭ, используемая для расчета контактного напряжения вдоль линии контакта, была подтверждена аналитическим методом, который был определен по эмпирической формуле (1).

В результате проведенных расчетов расхождение значений между численным и аналитическим методом составило 4 %. Разница объясняется тем, что при аналитическом методе использовались эмпирические коэффициенты, которые не учитываются в методе КЭ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Seok-Chul, Hwanga** Contact stress analysis for a pair of mating gears / Jin-Hwan Lee, Dong-Hyung Lee, Seung-Ho Han, Kwon-Hee Lee. – Mathematical and Computer Modelling. – 2013. – P. 40–49.

2 **Pedrero, J. I.** Critical stress and load conditions for pitting calculations of involute spur and helical gear teeth / Pleguezuelos M. – Munoz M. - Mechanism and Machine Theory. – 46. – 2011. – P. 425–437.

3 **Li, S.** Effect of addendum on contact strength, bending strength and basic performance parameters of a pair of spur gears / Mechanism and Machine Theory 43. – 2008. – P. 1557–1584.

4 **Kasenov, A. Zh., Zhanbulatova, L. D., Aidarkhanov, D. A.** Applications in engineering // Наука и техника Казахстана. – 2016. – № 3–4. – С. 75–81.

5 **Солтанмуратова, Т. Б.** Применение программного продукта ANSYS при моделировании цилиндрических зубчатых колес // Вестник КазАТИК имени М. Тынышпаева. – 2014. – 2 (87). – С. 245–249.

6 **Захарова, К. М., Целищев, А. А.** Отработка методов расчета зубчатых передач с применением объемной постановки конечно-элементного анализа в рамках пакета ANSYS // Вестник ПГТУ. Механика. – 2009. – № 1. – С. 79–84.

7 **Atanasovska, I.** Finite element model for stress analysis and nonlinear contact analysis of helical gears // Nikolić-Stanojlović V., Dimitrijević D., Momčilović D. – Scientific Technical Review (Serbia J.) LVIX. – 2009. – P. 61–68.

8 **Каратушин, С. И.** Проверочный силовой расчет в ANSYS зубчатого зацепления / Бильдюк Н. А., Плешанова Ю. А., Бокучава П. Н. – Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2015 – № 3 [660]. – С. 27–33.

9 **Praveen Silori.** Finite Element Analysis of Traction gear using ANSYS / Amir Shaikh, Nithin Kumar KC, Tushar Tandon // 4th International Conference on Materials Processing and Characterization. – Materials Today : Proceedings 2. – 2015. – P. 2236–2245.

10 **Santosh Patil** Frictional Tooth Contact Analysis along Line of Action of a Spur Gear using Finite Element Method / Saravanan Karuppanan, Ivana Atanasovska, Azmi A. Wahab. – International Conference on Advances in Manufacturing and Materials Engineering, Procedia Materials Science 5. – 2014. – P. 1801–1809.

11 ANSYS Modeling and Meshing Guide. – USA : ANSYS, A. W. 11.0, Inc., 2006.

12 **Lias, M. R.** Evaluation of Spur Gear Pair on Tooth Root Bending Stress in Radial Misalignment Contact Condition / Awang M., Rao T V V L N, Ahmad M.F.A and Patil S. – MATEC Web of Conferences 13. – 2014.

Материал поступил в редакцию 21.09.18.

Смагулова Асемгуль Сериковна

т.ғ.к., аға оқытушы, «Ақпараттық есептеу жүйелері» кафедрасы,
Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті,
Қарағанды қ., 100027, Қазақстан Республикасы,
e-mail: asemgul_s@mail.ru;

Кияшова Айым Мейрамовна

магистрант, «Ақпараттық есептеу жүйелері» кафедрасы,
Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті,
Қарағанды қ., 100027, Қазақстан Республикасы,
e-mail: kam1811sbn@gmail.com.
Материал баспаға 21.09.18 түсті.

ANSYS WB бағдарламасы шегінде шекті-элементті талдауды қолдана отырып тісті берілісті есептеу

Тік тісті берілістің жетекші және жетектегі доңгелек есептік талдауы өткізілді. Талдау барысында тістердің ілінісу аймағындағы кернеулі деформациялық күй анықталды, ANSYS бағдарламалық кешені мен дәстүрлі әдістердің қолданылуымен есептеу жолдары көрсетілді.

Ұсынылып отырған мақалада бағдарламаның көмегімен үлгіленген цилиндрлі тісті берілістің механикалық әрекеттерін зерттеуге ден қойылған.

Есептеу нәтижесінде түйіспе кернеуі анықталды. ANSYS бағдарламасында енгізілген талдаудың санақтық әдістері дәстүрлі әдіс есептеулерімен салыстырғанда кішікентай айырмашылықтарды көрсетеді және тәжірибелік коэффициенттерді қолданбай механикалық қасиеттердің стандартты сипаттамаларын пайдалануға мүмкіндік береді.

Кілтті сөздер: тісті беріліс, тегершік, тісті доңгелек, түйіспе кернеуі, шекті элементтер әдісі, ANSYS.

Smagulova Assemgul Serikovna

Candidate of Engineering Sciences, senior lecturer, Department of «Informative computer systems», Karaganda State Technical University,
Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan,
e-mail: asemgul_s@mail.ru;

Kiyashova Ayim Meyramovna

undergraduate student, Department of «Informative computer systems»,
Karaganda State Technical University,
Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan,
e-mail: kam1811sbn@gmail.com.

Material received on 21.09.18.

Calculation of gear with the application of final-element analysis within ANSYS WB package

A computational analysis of the driven and driving wheels of a direct gear drive was carried out. In the process of analysis, the stress-strain state in the zone of teeth engagement was determined, solution methods were given using the ANSYS software, the classical calculation methods.

This article focuses on the study of the mechanical behavior of spur gears when modeling in software.

As a result of calculations, contact stresses were found. The numerical methods of analysis incorporated in the ANSYS program give insignificant discrepancies in the calculations by classical methods and allow one to do without empirical coefficients using the standard characteristics of the mechanical properties.

Keywords: gear, pinion, gearwheel, contact stress, finite element method, ANSYS.

Зарипов Рамис Юрисович

преподаватель, докторант PhD, кафедра «Транспортной техники и логистики»,
Факультет металлургии, машиностроения и транспорта,
Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан,
e-mail: ramis.zaripov@mail.ru;

Сембаев Нурболат Сакенович

к.т.н., ассоц. профессор, кафедра «Транспортной техники и логистики»,
Факультет металлургии, машиностроения и транспорта,
Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан,
e-mail: n.sembaev@mail.ru;

Адилбекова Карина Бакытбековна

магистрант, кафедра «Транспортной техники и логистики»,
Факультет металлургии, машиностроения и транспорта,
Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

Аубакирова Жадра Тулеубаевна

магистрант, кафедра «Металлургии, факультет металлургии, машиностроения и транспорта»,
Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПРОЧНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ КОЛЕС

В работе проведен анализ методов и способов расчета и испытания прочности колес, применяемых на подвижном составе железных дорог.

Цель настоящего исследования – изучить основные требования технических условий производства, стандарты на проведение расчетов и испытаний железнодорожных колес, сравнить отечественные и зарубежные нормы расчета, выявить их преимущества и недостатки.

В работе описаны метод тензометрирования, измерение остаточных напряжений ультразвуковым методом, рентгеновский метод измерения.

Определено, что результаты экспериментальной оценки напряжённо-деформированного состояния железнодорожных колёс, в первую очередь, должны быть основаны на опыте проведения следующих типовых испытаний: определение остаточных напряжений; измерение напряжений на поверхности диска при испытаниях на усталость; определение напряжённо-деформированного состояния при длительных торможениях колесами.

Ключевые слова: вагон, железнодорожное колесо, осевая нагрузка, напряженное состояние, критерий Сайнса, прочность, запас сопротивления усталости.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время основными направлениями модернизации подвижного состава являются:

– использование новых материалов и конструкций при ремонте и изготовлении;

– увеличение нагрузки на ось до 27 тс для локомотивов и грузовых вагонов нового поколения;

– снижение веса тары грузовых вагонов на 25 %.

Широко используемые отечественные конструкции колёс для грузовых и пассажирских вагонов, локомотивов и вагонов метро, спроектированные и апробированные для меньших осевых нагрузок и конструкционных скоростей, имеют более чем полувековую историю разработки. Применяемые стандартные конструкции колёс характеризуются высокой массой по сравнению с ближайшими западными аналогами, либо не удовлетворяют требованиям прочности и надёжности при эксплуатации под подвижным составом повышенной грузоподъёмности. Значительные трудности для проектирования колёс представляет несовершенство существующей нормативной базы, ограниченной в методах комплексного анализа показателей прочности железнодорожных колёс от действия различных эксплуатационных факторов и особенностей влияния технологии их производства.

Используемые методы оценки прочности колёс в большей степени базируются на результатах дорогостоящих стендовых или эксплуатационных испытаний, нежели на проведении теоретических расчётов, что значительно осложняет решение задач оптимизации при проектировании. Вместе с тем, действующие стандарты [1] в явной форме указывают на необходимость разработки достоверных методик расчёта напряжённо-деформированного состояния конструкций цельнокатаных колёс в условиях длительного торможения колодками, что в перспективе может позволить отказаться от проведения натурных испытаний.

Современным подходом расчётного определения остаточных технологических напряжений является проведение конечно-элементного анализа в соответствии с методикой стандарта Ассоциации Американских железных дорог 8–669 [2] путём решения нелинейной нестационарной теплопрочностной задачи с учётом высокотемпературной ползучести (релаксации напряжений при отпуске), упругопластических свойств материала, совместного действия радиационного и конвективного теплообмена. Сложность практического использования указанной методики связана с отсутствием описания достоверных граничных условий для заданного режима термической обработки в условиях предприятия-изготовителя.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В настоящее время требования зарубежных и отечественных технических условий на производство цельных колёс включают обязательное проведение термической обработки обода (закалка с отпуском). Используется различная технология закалки – прерывистая закалка, закалка в воде и масле.

С учётом классификации железнодорожных колёс, необходимо обозначить следующие актуальные научные проблемы в области оценки их прочности.

Первая, заключается в том, что существующие методы расчёта запаса сопротивления усталости колёс не позволяют учитывать влияние совокупности факторов, связанных с особенностями технологии производства. Вместе с тем известно, что термическая обработка обода создает значительный уровень

остаточных напряжений в диске колёс, который сопоставим с уровнем напряжений от действия внешних нагрузок. Использование полнопрофильной механической обработки позволяет увеличить предел выносливости диска до 25 %, а дробемётной обработки в 1,5 раза. Как следствие, на практике имеют место необоснованные требования к введению дробемётной обработки для случая полнопрофильной обработки диска при достаточных запасах сопротивления усталости конструкции, отсутствие теоретического обоснования пересмотра конструкций колёс с точки зрения снижения массы при внедрении различных технологий обработки поверхности диска или новых режимов термообработки [3–6].

Вторую проблему оценки прочности железнодорожных колёс можно обозначить как определение режимов нагружения. Условия эксплуатации колёс во многом определяются конструкцией колёсной пары, которая зависит от типа подвижного состава (тяговый, нетяговый).

Структура нагрузок, действующих на колесо, в зависимости от источника их возникновения и определяющих напряжённно-деформированное состояние колеса, приведена на рисунке 1.

Допускаемые нормы нагрузки при различных условиях приведены в [7, 8].



Рисунок 1 – Нагрузки, действующие на железнодорожное колесо

Значительные термические нагрузки возникают в колесе при колодочном торможении. Также требуют проведения исследований термические нагрузки на диск, устанавливаемый на колесо при дисковой системе торможения.

Результаты экспериментальной оценки напряжённно-деформированного состояния железнодорожных колёс, в первую очередь, должны быть основаны на опыте проведения следующих типовых испытаний:

- определение остаточных напряжений;
- измерение напряжений на поверхности диска при испытаниях на усталость;
- определение напряжённно-деформированного состояния при длительных торможениях колодками.

Согласно требований нормативной документации [9–11] остаточные напряжения в цельнокатаных железнодорожных колёсах определяют тензометрированием, применяя разрушающий метод, либо проводят определение поверхностных и внутренних остаточных напряжений неразрушающими методами (рентгеновский, ультразвуковой) [12]. Оценка остаточных напряжений методом радиальной резки колёс с последующим измерением сходимости разделенных частей обода широко используется при статических испытаниях. Вместе с тем, этот метод даёт лишь качественную картину распределения напряжений, определяя знак окружных напряжений в ободе.

Сущность метода тензометрирования состоит в выполнении надрезов, приводящих к возрастающему высвобождению внутренних остаточных напряжений в ободе колеса. Изменение состояния внутренних напряжений, возникающих после каждого из надрезов, фиксируют за счет измерения деформаций на поверхности элементов конструкции с помощью тензорезисторов.

Каждое колесо оборудуют тензорезисторами, установленными в двух-четырёх радиальных сечениях с наружной и внутренней сторон диска и обода. При измерениях применяют двух-или трёхкомпонентные розетки тензорезисторов в зависимости от характера и направления действия главных напряжений (рисунок 2).

Обработку и оценку результатов измерений разрушающим методом проводят по специальным формулам. По результатам измерений строят эпюру распределения остаточных напряжений по сечению, определяют зоны максимальных напряжений.

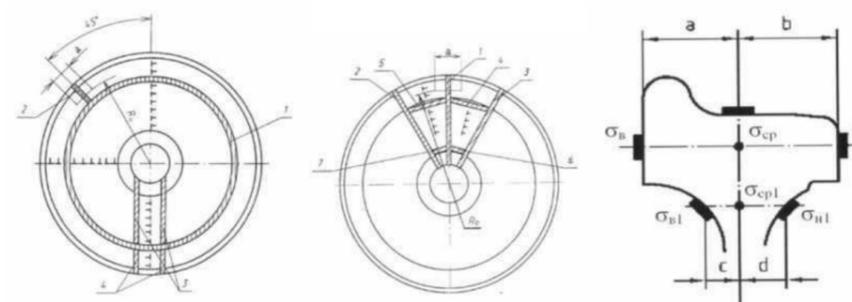


Рисунок 2 – Измерение остаточных напряжений методом тензометрирования

Измерения остаточных напряжений ультразвуковым методом проводятся с использованием ультразвуковых приборов с электроакустическим преобразователем. Метод измерения заключается в определении скорости ультразвука, при котором используют эффект акустоупругости, состоящий во влиянии упругого напряжения

в металле на скорость ультразвуковых волн. Данный метод применяется при измерении остаточных напряжений в ободе колеса.

Для определения остаточных напряжений должно быть известно значение коэффициента акустоупругости для данного материала, а также учтено возможное влияние текстуры на результаты измерения.

Измерение остаточных напряжений колеса ультразвуковым методом проводят с боковой поверхности обода, обеспечивая распространение поляризованных ультразвуковых волн между боковыми гранями обода.

Рентгеновским методом измеряют остаточные напряжения поверхностного слоя колеса, который подставлен под пучок падающих рентгеновских лучей. Толщина этого слоя равна половине глубины проникновения в него рентгеновских лучей. Перед контролем поверхность должна быть очищена от загрязнений и иметь шероховатость поверхности не выше Rz 10.

Определение напряжённого состояния колёс от действия механических нагрузок проводится при стендовых испытаниях на усталость. Различают несколько схем натурных испытаний колёс – изгиб, изгиб с вращением и испытание вертикальной нагрузкой. Схемы испытаний колёс на усталость по методу изгиба (рисунок 3, *а*) и изгиба с вращением (рисунок 3, *б*) являются двумя альтернативными методами определения предела выносливости диска колёс согласно требований европейских норм [1, 13].

Испытуемый образец представляет собой колесо с запрессованной частью оси, которая позволяет учитывать влияние монтажных напряжений на величину предела выносливости.

Отечественные нормы также регламентируют две схемы испытаний на усталость, которые, в свою очередь, не являются альтернативными. При квалификации колёсных пар испытания проводятся по описанному выше методу изгиба с вращением, но на базе 20 млн. циклов [7, 13].

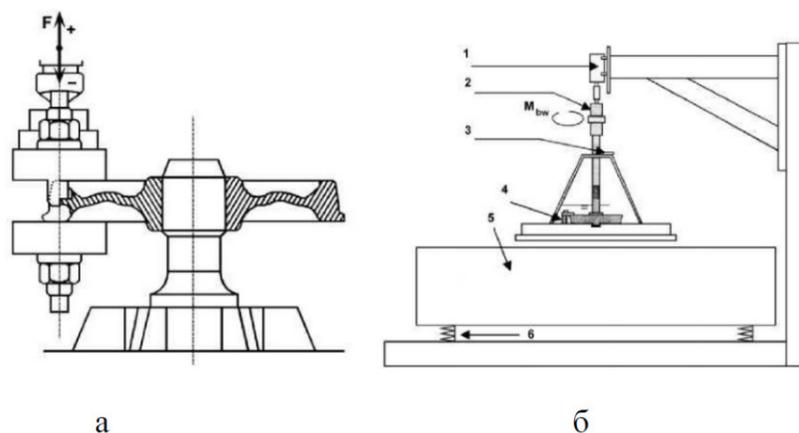


Рисунок 3 – Схемы испытаний колёс на усталость:

а – изгиб; *б* – изгиб с вращением

При подтверждении качественных характеристик колёс требованиям стандартной технической спецификации [11] испытания проводятся с использованием гидравлического пульсатора при действии вертикальной циклической нагрузки с коэффициентом асимметрии 0,1 на базе 5 млн. циклов.

В настоящее время можно говорить о трёх основных сложившихся системах допуска новых конструкций колёс к эксплуатации на крупнейшие сети железных дорог мира. К ним относятся стандарты М–107/М–208 [9], S–660 [14] и S–669 [2] Ассоциации американских железных дорог (Association of American Railroads, AAR), Международного союза железных дорог (International Union of Railways, UIC) [13], аналогом которого является EN 13979–1 [1] Европейского комитета по стандартизации (European committee of Standardization, CEN), а также российские ГОСТ 31373 и НБ ЖТ ЦТ 063 [8]. Несмотря на общность целей, каждая из указанных нормативных баз имеет различные подходы к оценке прочности и надёжности цельнокатаных железнодорожных колёс, определяя тем самым уникальный набор целевых функций и ограничений при решении комплексной задачи оптимизации конструкции.

Расчёт напряжённого состояния проводится в предположении линейно - упругого поведения материала с малыми деформациями. При этом не учитываются монтажные напряжения, обусловленные натягом между ступицей колеса и осью. Ось моделируется полый с отверстием 50,8 мм монолитно со ступицей колеса (рисунок 4). Отверстие оси закрепляется жёстко по всем степеням свободы.

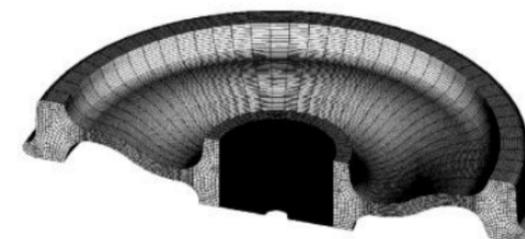


Рисунок 4 – Вид конечно-элементной модели колеса в соответствии с [15]

Процедура анализа конструкций колёс для локомотивов S–669 является современным развитием стандарта S–660. Целью этой аналитической оценки является определение запаса сопротивления усталости диска колеса по критерию Сайнса, а также максимальных значений напряжений в ободе колеса при действии динамической тяговой нагрузки с частотой, характерной для первой седловидной формы собственных колебаний.

Оценка сопротивления усталости проводится по результатам выполнения трёх аналитических процедур, которые дают набор из восьми вариантов напряжённого состояния для колеса с новым и изношенным ободом (таблица 1):

– расчёт напряжений от действия двух схем приложения механической нагрузки по стандарту 8–660;

– определение остаточных напряжений, обусловленных влиянием термической обработки при производстве колёс;

– расчёт монтажных напряжений от посадки с натягом колеса на ось.

В соответствии с критерием Сайнса к переменным относятся напряжения от действия внешних нагрузок, а монтажные напряжения от посадки с натягом и остаточные напряжения от термообработки представляют собой статические напряжения.

Таблица 1 – Исходные данные для оценки сопротивления усталости

Вариант нагрузки	Установленный результат в каждом узле	Условия
1	Нормальные и касательные напряжения в режиме нагрузки	V1+L1, новый обод
2	Нормальные и касательные напряжения в режиме нагрузки	V2, новый обод
3	Нормальные и касательные напряжения в режиме нагрузки	V1+L1, изношенный обод
4	Нормальные и касательные напряжения в режиме нагрузки	V2, изношенный обод
5	Нормальные напряжения	Остаточные напряжения от термообработки, новый обод
6	Нормальные напряжения	Остаточные напряжения от термообработки, изношенный обод
7	Нормальные напряжения	Напряжения посадки с натягом, новый обод
8	Нормальные напряжения	Напряжения посадки с натягом, изношенный обод

Таким образом, усталостное повреждение конструкции колеса прогнозируется в случае, когда переменные напряжения становятся больше статических для какого-либо узла модели

$$J_2 \leq A - \alpha(J_1^M + J_1^R + J_1^P) \quad (1)$$

где – интенсивность касательных напряжений и определяется как

$$J_2 = \frac{1}{3}[(S_x - S_y)^2 + (S_y - S_z)^2 + (S_z - S_x)^2 + 6(T_{xy}^2 + T_{yz}^2 + T_{xz}^2)]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

Амплитуда каждой составляющей узлового напряжения () в уравнении (2) определяется из следующих выражений:

$$S_i = \frac{1}{2}[(S_i^L)_{0^\circ} - (S_i^L)_{180^\circ}] \quad (3)$$

$$T_i = \frac{1}{2}[(T_i^L)_{0^\circ} - (T_i^L)_{180^\circ}] \quad (4)$$

где 0° и 180° – нижние индексы показывают значение каждой составляющей напряжения на соответствующих плоскостях модели;

L – верхний индекс обозначает напряжения вследствие приложенных внешних нагрузок.

– это среднее значение суммы нормальных составляющих знакопеременных напряжений () в каждом узле, определяемое по формуле

$$J_1^M = \frac{1}{2}[(S_x^L + S_y^L + S_z^L)_{0^\circ} + (S_x^L + S_y^L + S_z^L)_{180^\circ}] \quad (5)$$

где – составляющие нормальных напряжений в узлах радиальной плоскости, на которую действует нагрузка (при 0°);

– составляющие нормальных напряжений в узлах радиальной плоскости, развернутой на 180°;

– это сумма нормальных составляющих остаточных (статических) напряжений () в каждом узле, обусловленных термической обработкой, которая определяется из следующего выражения

$$J_1^R = S_x^R + S_y^R + S_z^R \quad (6)$$

– это сумма нормальных составляющих монтажных (статических) напряжений вследствие посадки с натягом в каждом узле:

$$J_1^P = S_x^P + S_y^P + S_z^P \quad (7)$$

В соответствии с критериальным уравнением (8) вычисляется параметр Сайнса (SP) в каждом узле модели для четырёх сочетаний вариантов нагрузки, представленной в таблице 2, по следующей формуле:

$$SP = J_2 - [A - \alpha(J_1^M + J_1^R + J_1^P)] \quad (8)$$

где $A = 28 \text{ ksi}$ (193 МПа) и $\alpha = 0,16$ – константы, установленные экспериментальным путём.

Оценку запаса сопротивления усталости проводят для каждого сочетания нагрузки путём определения коэффициента в каждом узле, на который необходимо умножить величины внешних нагрузок, чтобы параметр Сайнса стал равным нулю. По результатам расчёта определяется область колеса с минимальным запасом сопротивления усталости для соответствующего сочетания нагрузок.

Результаты, полученные с использованием критерия Сайнса для четырёх сочетаний нагрузки, представляются в виде контурных диаграмм на плоскости поперечного сечения колеса (рисунок 5). Отрицательные показатели параметра Сайнса ($SP < 0$) указывают на удовлетворение критерия сопротивления усталости, в случае положительных значений, рекомендуется пересмотр конструкции.

Таблица 2 – Сочетание нагрузок для оценки по критерию Сайнса

Сочетание по нагрузке				
A	Вариант нагрузки 1	Вариант нагрузки 1	Вариант нагрузки 5	Вариант нагрузки 7
B	Вариант нагрузки 2	Вариант нагрузки 2	Вариант нагрузки 5	Вариант нагрузки 7
C	Вариант нагрузки 3	Вариант нагрузки 3	Вариант нагрузки 6	Вариант нагрузки 8
D	Вариант нагрузки 4	Вариант нагрузки 4	Вариант нагрузки 6	Вариант нагрузки 8

Примечание: Сочетания вариантов нагрузки при расчёте интенсивности напряжений указаны в таблице

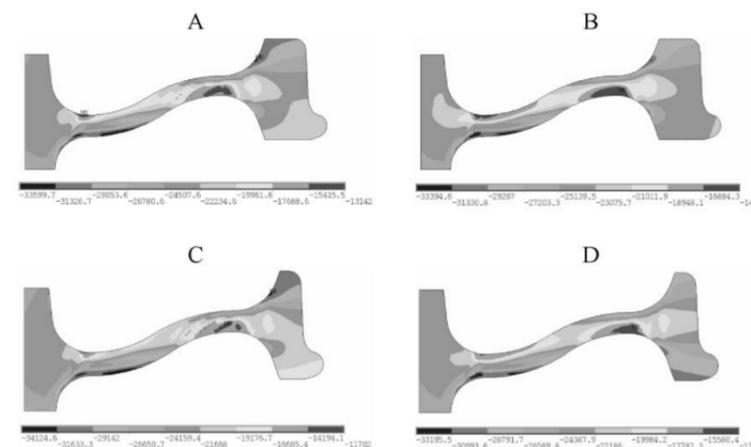


Рисунок 5 – Распределение значений параметра Сайнса (psi) в сечении локомотивного колеса по схемам сочетания нагрузок

В отличие от американского подхода к оценке прочности цельнокатаных железнодорожных колёс, европейская и российская процедуры допуска колёс к эксплуатации, помимо конечно-элементных расчётов, предусматривают обязательное проведение стендовых испытаний.

Фактическим основанием допуска новой конструкции цельнокатаных колёс для поднадзорной эксплуатации на сеть европейских железных дорог является удовлетворение критериям (таблица 3) термомеханической и механической оценок. Графическое изображение данной процедуры представлено на рисунке 6.

Таблица 3 – Критерии оценки термомеханических свойств колеса при стендовых натуральных испытаниях в условиях длительного торможения

Критерий оценки	Новый обод	Износенный обод
Максимальная боковая деформация обода во время торможения	+3/-1 мм	
Максимальная боковая деформация обода после завершения испытаний (остаточная деформация)	+1,5/-0,5 мм	

Уровень остаточных напряжений в ободе после охлаждения для сталей марок ER6 и ER7 (σ_{rw} - среднее значение трех измерений; σ_{iw} - значение каждого измерения)	$\Sigma_{rw} < 200$ МПа; $\sigma_{iw} \leq 250$ МПа	$\Sigma_{rw} < 275$ МПа; $\sigma_{iw} \leq 300$ МПа
--	--	--

На практике, в случае отклонения термомеханических свойств колёс от заданных критериев при проведении стендовых испытаний, второй и третий этапы оценки, связанные с испытаниями на участке железной дороги при длительном торможении, обычно не проводятся. Причиной этому является высокая стоимость процедуры допуска таких колёс к эксплуатации при отсутствии конкурентных преимуществ по показателям стойкости к тепловым нагрузкам, которые были выявлены на первом этапе термомеханической оценки.

Оценка механических свойств колёс состоит из двух этапов. Первый этап заключается в проведении конечно-элементного расчёта напряжённого состояния конструкции колеса для трёх характерных схем нагружения, представленных на рисунке 7.

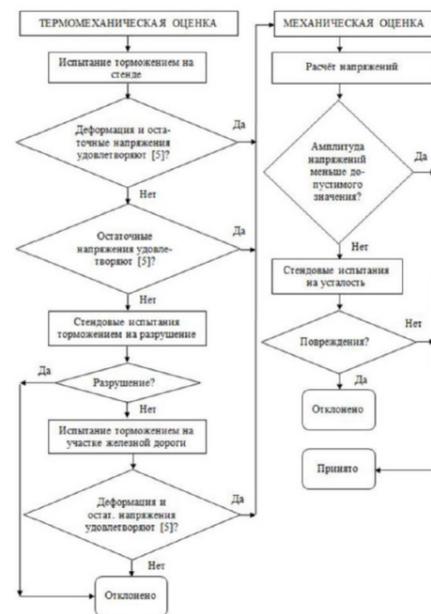


Рисунок 6 – Процедура допуска цельнокатаных колёс к эксплуатации на сеть европейских железных дорог согласно [1]

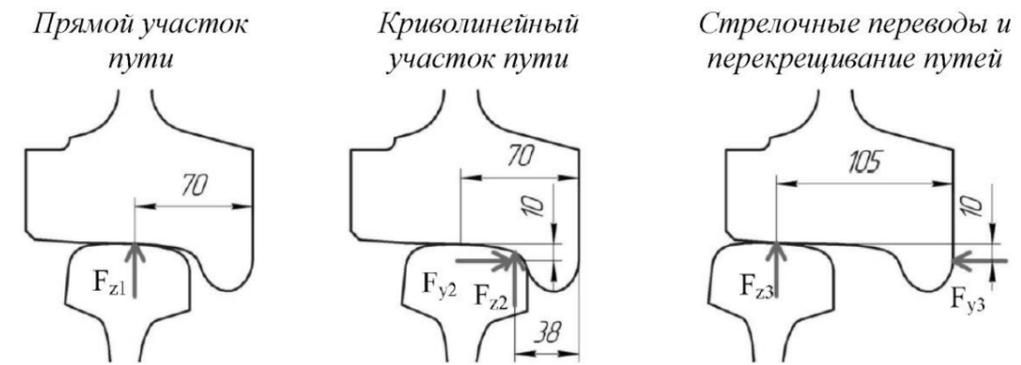


Рисунок 7 – Схема приложения сил при проведении расчёта напряжений согласно [1, 14]

Величины нагрузок на колесо при взаимодействии с рельсом определяются пропорционально половине статической нагрузке на ось колёсной пары (P) по следующим формулам:

– прямой участок пути (колёсная пара соосна пути)

$$F_{z1} = 1,25P \quad (9)$$

$$F_{y1} = 0 \quad (10)$$

– криволинейный участок пути (гребень обода колеса касается рельса)

$$F_{z2} = 1,25P \quad (11)$$

– для необмоторенной колёсной пары

$$F_{y2} = 0,6P \quad (12)$$

– для обмоторенной колёсной пары

$$F_{z3} = 0,7P \quad (13)$$

– стрелочные переводы и перекрещивание путей (взаимодействие внутренней стороны гребня обода колеса с контррельсом):

$$F_{z1} = 1,25P \quad (14)$$

– для необмоторенной колёсной пары

$$F_{y2} = 0,6F_{y2} = 0,36P$$

– для обмоторенной колёсной пары

$$F_{y2} = 0,6F_{y2} = 0,42P$$

ВЫВОДЫ

Таким образом, оценка запаса сопротивления усталости колеса в соответствии с [1, 13] проводится для циклов напряжений, которые имеют максимальную амплитуду при сочетании различных схем нагружения, а не для переменной нагрузки, которая циклически изменяется в каждой точке колеса за оборот при заданной схеме контактного взаимодействия колеса с рельсом, что характерно при выполнении расчётов по методикам [2] и [7].

Рассматривая отечественную расчётно-экспериментальную методику оценки запаса сопротивления усталости колёс, можно отметить аналогию с американским стандартом 8–669. Однако отсутствие в ней описания параметров для вычисления расчётным путём уровня остаточных напряжений цельнокатаных колёс, а также термических напряжений, обусловленных нагревом обода при трении тормозными колодками, может приводить к неверной оценке величины и положения минимального запаса сопротивления усталости, в случае, когда нет экспериментальной возможности их определения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 EN 13979-1:2003+A2. Railway applications – Wheelsets and bogies – Monobloc wheels – Technical approval procedure – Part 1 : Forged and rolled wheels [Text]. – European committee for standardization, 2011. – 50 p.

2 Standard S-669. Analytic Evolution of Locomotive Wheel Designs [Text]. – AAR Manual of Standards and Recommended Practices. Wheels and Axles, 2011. – P. 125–142.

3 **Канаев, А. Т., Богомолов, А. В., Канаев, А. А.** Повышение износостойкости и прочности колесной стали плазменным упрочнением // Наука и техника Казахстана. – № 2. – 2018. – С. 37–44.

4 **Киселев, С. Н.** Контроль параметров термической обработки колёс вагонов на основе компьютерного моделирования [Текст] / С. Н. Киселев, А. С. Киселев, И. А. Мартынова, А. Н. Неклюдов // Контроль. Диагностика. - 2002. – № 12. – С. 19–23.

5 **Kuhlman, C.** The significance of material properties on stresses developed during quenching of railroad wheels [Text] / C. Kuhlman, H. Sehitoglu // Proceeding of the 1988 Joint ASME IEEE Railroad Conference. - Pittsburgh (Pennsylvania, USA), 1988. – P. 55–63.

6 **Вайнорюте, В. В., Дычко, И. Н., Богомолов, А. В.** Разработка технологии получения заготовки для железнодорожных колес на базе ТОО «Проммашкомплект» // Наука и техника Казахстана. – № 1. – 2018. – С. 41–51.

7 ОСТ 32.83–97. Колёса с дисковыми и спицевыми центрами тягового подвижного состава [Текст]. – М. : МПС России, 1997. – 49 с.

8 ГОСТ 10791–2011. Колёса цельнокатаные. Технические условия [Текст]. – Введ. 2011–07–01. – М. : Стандартинформ, 2011. – 27 с.

9 Specification M – 107 / M – 208. Wheels, Carbon Steel. – Manual of Standards and Recommended Practices. Wheels and Axles, 2011 – P. 21–60.

10 EN 13262:2004+A2. Railway applications – Wheelsets and bogies – Wheels – Product requirements [Text]. – European committee for standardization, 2011. – 47 p.

11 ГОСТ Р 54093–2010. Колёса железнодорожного подвижного состава. Методы определения остаточных напряжений [Текст]. – Введ. 2011–07–01. – М. : Стандартинформ, 2011. – 15 с.

12 **Mussina, Zh., Abisheva, M.** Magnetic non-destructive examination methods // Наука и техника Казахстана. – № 3–4. – 2016. – С. 116–119.

13 UIC 510-5. Technical approval of monobloc wheels Application document for standard EN 13979-1. 2nd edition [Text]. – International Union of Railways (UIC), 2007. – 67 p.

14 Standard S-660. Wheel Designs, Locomotive and Freight Car – Analytic Evaluation [Text]. – AAR Manual of Standards and Recommended Practices. Wheels and Axles, 2009 – P. 103–108.

15 **McKeigan, P. C.** Fatigue Performance of AAR Grade B Wheel Steel at Ambient and Elevated Temperatures [Text] / P. C. McKeigan, F. J. McMaster, and J. E. Gordon // ASME Paper IMECE2002-33240, 2002.

Материал поступил в редакцию 21.09.18.

Зарипов Рамис Юрисович

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

Сембаев Нурболат Сакенұлы

т.ғ.к., қауымд. профессор, «Көліктік техника және логистика» кафедрасы, Металлургия, машина жасау және көлік факультеті, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140000, Қазақстан Республикасы, e-mail: n.sembaev@mail.ru;

Адилбекова Карина Бакытбекқызы

магистрант, көліктік техника және логистика кафедрасы, металлургия, машина жасау және көлік факультеті, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140000, Қазақстан Республикасы;

Аубакирова Жадра Тулеубайқызы

магистрант, «Металлургия» кафедрасы, Металлургия, машина жасау және көлік факультеті, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы. Материал баспаға 21.09.18 түсті.

Темір жол доңғалақтарының беріктігін бағалау әдістемесі

Бұл жұмыста темір жолдардың жылжымалы құрамында қолданылатын доңғалақтардың беріктігін есептеу және сынау әдістері мен тәсілдеріне талдау жүргізілді.

Осы зерттеудің мақсаты-өндірістің техникалық шарттарының негізгі талаптарын, теміржол доңғелектерін есептеу мен сынақтан өткізу стандарттарын зерттеу, отандық және шетелдік есептеу нормаларын салыстыру, олардың артықшылықтары мен кемшіліктерін анықтау.

Жұмыста тензометрлеу әдісі, ультрадыбыстық әдіспен қалдық кернеулерді өлшеу, рентгендік өлшеу әдісі сипатталған.

Темір жол доңғалақтарының кернеулі-деформацияланған жай-күйін эксперименттік бағалау нәтижелері, бірінші кезекте, мынадай үлгілік сынақтарды жүргізу тәжірибесіне негізделуі тиіс екені анықталды: қалдық кернеуді анықтау; шаршауға сынау кезіндегі диск бетіндегі кернеуді өлшеу; қалыптардың ұзақ тежелуі кезінде кернеулі-деформацияланған күйін анықтау.

Түйінді сөздер: вагон, теміржол доңгелегі, осьтік жүктеме, кернеулі жағдай, Сайнс өлшемі, беріктілік, шаршау кедергісі қоры.

Zaripov Ramis Yurisovich

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

Sembaev Nurbolat Sakenovich

PhD., associate professor, Department of Transport Equipment and Logistics, Faculty of Metallurgy, Engineering and Transport, S. Toraigyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: n.sembaev@mail.ru;

Adilbekova Karina Bakytbekovna

undergraduate student, Department of Transport Equipment and Logistics, Faculty of Metallurgy, Engineering and Transport, S. Toraigyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan,

Aubakirova Zhadra Tulebaevna

undergraduate student, Department of Transport Equipment and Logistics, Faculty of Metallurgy, Engineering and Transport, S. Toraigyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 21.09.18.

The method of estimating the strength of railway wheels

The paper analyzes the means and methods for calculating and testing the strength of the wheels used on the rolling stock of Railways.

The purpose of this research is to study the basic requirements of technical conditions of production, standards for calculations and tests of railway wheels, to compare domestic and foreign norms of calculation, to identify their advantages and disadvantages.

The paper describes the method of strain measurement, measurement of residual stresses by ultrasonic method, x-ray method of measurement.

It is determined that the results of the experimental evaluation of the stress-strain state of railway wheels, first of all, should be based on the experience of the following typical tests: determination of residual stresses; measurement of stresses on the surface of the disc during fatigue tests; determination of the stress-strain state during prolonged braking pads.

Keywords: car, train wheel, axial loading, stress state, the criterion of Saynes, strength, fatigue resistance.

Агибаева Алия Жолатовна

магистрант, кафедра «Металлургия»,
Павлодарский Государственный университет имени С. Торайгырова,
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан,
e-mail: Ag.aliya84@mail.ru;

Аманжолов Айдар

магистрант, кафедра «Металлургия»,
Павлодарский Государственный университет имени С. Торайгырова,
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

Ларичкин Владимир Викторович

д.т.н., профессор, кафедра «Инженерные проблемы экологии»,
Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, 630000, Российская Федерация

**РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ
НА ОСНОВЕ ШЛАМА ГЛИНОЗЕМНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

В настоящее время истощаются запасы добываемого высококачественного минерального сырья. По этой причине промышленность вынуждена перерабатывать низкосортные бокситовые руды с высоким содержанием соединений железа (до 25 %), что приводит к значительному увеличению роста накапливаемых в отвалах глинозёмного производства крупнотоннажных отходов – красных шламов.

Окиси железа в условиях технологического процесса производства глинозёма рассматриваются, в основном, как примеси бокситового сырья, затрудняющие отделение и промывку красного шлама; кроме того, они могут взаимодействовать с щелочными и алюминатными растворами, образуя ряд химических соединений. В результате этого, помимо основного компонента гематита (Fe₂O₃), шламы являются концентраторами многих ценных металлов.

Актуальной для алюминиевой промышленности остаётся задача поиска альтернативных малоотходных способов переработки бокситовых руд, а также решение проблемы утилизации красных шламов с целью селективного извлечения из них железосодержащих компонентов.

На основе экспериментальных и теоретических исследований изложены основные методы повышения качественных показателей бетонов за счёт использования механохимических активированных модификаторов. Рассчитана на работников научно-исследовательских и проектных организаций, магистрантов и студентов строительных и металлургических факультетов вузов.

Ключевые слова: красный шлам, переработка, технология, скандий, извлечение, карбонизация.

ВВЕДЕНИЕ

«Нет отходов и отбросов, а есть сырьё, не нашедшее своего хозяина»

Д. И. Менделеев

Глинозёмное производство, являясь наиболее крупномасштабным, одновременно характеризуется невысокой комплексностью использования

своего сырья. Глинозём, получаемый как полупродукт для производства алюминия путём электролиза или для других целей, производится из боксита по принятому во всём мире способу Байера, основанному на гидротермально-щелочном методе вскрытия. Этот способ считается одним из наиболее развитых гидрометаллургических промышленных процессов. Однако, он имеет существенный недостаток – образование значительных объёмов красного шлама, который до сих пор использовался только в небольшом количестве. Выход получаемого красного шлама зависит от состава бокситовой руды и колеблется в пределах от 1,2 до 1,6 тонн на каждую тонну полученного глинозёма. При этом транспортировка, хранение шлама и природоохранные мероприятия, требуют значительных капитальных затрат. Таким образом, способ Байера не обеспечивает комплексную переработку бокситового сырья [1–3].

К тому же, в настоящее время истощаются запасы добываемого высококачественного минерального сырья. По этой причине промышленность вынуждена перерабатывать низкосортные бокситовые руды с высоким содержанием соединений железа (до 25 %), что приводит к значительному увеличению роста накапливаемых в отвалах глинозёмного производства крупнотоннажных отходов – красных шламов.

Окиси железа в условиях технологического процесса производства глинозёма рассматриваются, в основном, как примеси бокситового сырья, затрудняющие отделение и промывку красного шлама; кроме того, они могут взаимодействовать со щелочными и алюминатными растворами, образуя ряд химических соединений. В результате этого, помимо основного компонента гематита (Fe₂O₃), шламы являются концентраторами многих ценных металлов, таких, например, как титан, кремний, алюминий, редкоземельные элементы и др. [4].

Отсюда следует, что актуальной для алюминиевой промышленности остается задача поиска альтернативных малоотходных способов переработки бокситовых руд, а также решение проблемы утилизации красных шламов с целью селективного извлечения из них железосодержащих компонентов.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Влияние модификаторов на основные свойства бетонов.

Прочностные характеристики модифицированного бетона и их стабильность во времени обусловлены составом вяжущего и видом заполнителей, силой сцепления между ними, особенностями структуры формируемого искусственного конгломерата.

Значительное влияние на изменение физико-механических свойств модифицированного бетона оказывает содержание модификатора [5].

Наибольшей прочностью при сжатии (116–128 МПа) отличается бетон на основе портландцемента с минеральной добавкой (граншлака) при максимальном расходе модификатора после твердения в условиях тепловлажностной обработки, причём с уменьшением водосодержания прочность увеличивается дополнительно на 15–24 %.

Снижение расхода модификатора при постоянном расходе цемента обуславливает резкое уменьшение прочности до 20–45 Мпа [4]. Влияние расхода

модификатора на физико-механические свойства бетона нельзя оценивать однозначно, в отрыве от вида и содержания шлака в составе портландцементной системы, а также без учёта условий твердения, причём, прочность бетона, твердевшего 28 суток в нормальных воздушно-влажных условиях, в большей степени зависит от расхода шлака, чем пропаренного.

По данным полученным после проведения экспериментов, при расходе цемента от 300 до 600 кг на м³ бетонной смеси наблюдается прямо пропорциональная зависимость между увеличением прочности бетона и содержанием модификаторов; превышение расхода цемента сверх 600 кг не сопровождается заметным расходом прочности (таблица 1).

Таблица 1 – Изменение во времени прочности модифицированного бетона в зависимости расхода модификатора и содержания шлака в цементной системе

Состав вяжущей системы			Прочность при сжатии, Мпа, модифицированного бетона после									
Расход ПЦ, кг/м ³	Ш/Ц	М/Ц	4 часов после пропаривания	Хранение в естественных условиях после пропаривания, суток				Твердение в воде, суток				
				28	90	180	720	28	90	180	720	
410	0,2	0,9	67,0	78,2	80,7	83,2	91,5	67,7	68,3	71,3	79,9	
		0,6	61,0	77,0	79,4	81,2	88,9	62,2	67,6	70,5	76,4	
		0,2	41,0	50,3	52,8	55,8	59,7	46,6	49,5	52,3	59,7	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
220	0,4	0,9	23,2	28,3	28,3	34,2	35,5	20,3	23,7	24,4	31,2	
		0,6	20,2	24,5	24,5	28,6	31,9	18,5	20,6	22,6	27,9	
		0,2	13,6	16,4	16,4	21,6	23,8	10,4	13,9	15,6	19,8	

Существенное влияние на формирование структуры модифицированного бетона и синтез его прочности оказывает вид и расход заполнителя, способного частично отвлекать щелочной раствор на смачивание поверхности [6, 7]. Из анализа приведённых данных следует, что зависимость прочности модифицированного бетона от В/Т менее существенна, чем зависимость прочности не модифицированного портландцементного бетона от В/Ц.

Таблица 2 – Изменение прочности модифицированного бетона в зависимости от В/Т

Расход модификатора, М/Ц	Предел прочности при сжатии, Мпа, при В/Т							
	0,26	0,27	0,280	0,29	0,30	0,36	0,40	0,5
0,2	-	-	-	-	66,4	60,3	61,3	55,2
0,4	86,4	88,2	76,4	71,2	70,5	66,6	61,3	62,3
0,6*	96,2	97,5	90,4	90,1	89,2	82,6	65,7	77,3
0,8*	112,1	110,2	104,5	101,6	102,7	94,3	81,0	85,5
1,0*	108,4	107,7	105,2	104,5	104,1	98,5	94,2	88,8

Использование модификатора (с оптимальным содержанием пластификатора в количестве 2 %) даже при относительно высоких значениях В/Т открывает возможность получения высокопрочного бетона классов В 50 и выше

(в зависимости от содержания модификатора) значение В/Т должно быть принято в пределах 0,25–0,5 [8–11].

ВЫВОДЫ

Установлено, что бокситовый шлак, полученный при переработке боксита спекательным способом, целесообразно использовать в составе смешанных вяжущих в сочетании с тонкодисперсными минеральными добавками алюмосиликатного или силикатного составов, характеризующимися аморфной или стекловидной структурой. Последнее обусловлено необходимостью устранения возможного негативного воздействия щелочной фазы шлама на эксплуатационные свойства бетонов, а также возможностью получения качественно новых соединений и структур, участвующих в синтезе прочности и плотности цементно-шламового камня.

В качестве модифицирующих минеральных добавок в составе таких трехкомпонентных смешанных вяжущих эффективно использование гранулированного доменного шлака и конденсированного микрокремнезема – отхода ферросплавного производства.

Установлены следующие оптимальные составы с позиции обеспечения равной с исходным портландцементом активности, пониженной водопотребности и ускоренных сроков схватывания, составы трёхкомпонентного смешанного вяжущего в массовых частях: портландцемент: бокситовый шлак: доменный граншлак – 2,5:1,3:1.

Вяжущее рекомендуемых составов характеризуются в сравнении с исходным портландцементом повышенными на 13 (6) % значениями НГЦТ, сокращёнными на 47 (52) % и 16 (43) % сроками, соответственно, начала и окончания схватывания, повышенной на 4 (3) % пластичностью теста [12–14].

Установлено, что наиболее эффективным с позиции обеспечения требуемых физико-технических свойств смешанного вяжущего и минимальных трудо- и энергозатрат на его приготовление является способ отдельного измельчения и последующего смешения исходных компонентов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Государственная программа индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2015–2019 годы, утверждённая Указом Президента РК от 1 августа 2014 года № 874.

2 **Ибрагимов, А. Т., Будон, С. В.** Развитие технологии производства глинозёма из бокситов Казахстана. – Павлодар : Дом печати, 2010. – 304 с.

3 **Арынгазин, К. Ш., Ларичкин, В. В., Алдунгарова, А. К., Свидерский, А. К., Быков, П. О., Богомолов, А. В., Тлеулесов, А. К., Маусымбаева, Д. К.** Инновационное использование твёрдых техногенных отходов предприятий теплоэнергетики металлургии павлодарской области в производстве строительных материалов // Наука и техника Казахстана. – 2016. – № 3–4. – С. 34-39.

4 **Боргер, В. В.** Переработка бокситовых ресурсов и отходов глинозёмного производства // Материалы международной научно-практической конференции

«Металлургия Прииртышья в реализации программы форсированного индустриально-инновационного развития «Казахстан – 2020» (27 апреля 2011 года). Павлодар. – 2011. – С. 23–31 с.

5 **Kuderin, M. K., Berndston, R.** Concrete durability modifying admixture // Наука и техника Казахстана – 2016. – № 3–4. – С. 98–101.

6 **Ибрагимов, А. Т.** Разработка и внедрение технологии переработки низкокачественного бокситового сырья Казахстана. Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук. – Алматы : КазНТУ, 2010. – 22 с.

7 **Иванов, А. И., Кожевников, Г. Н., Ситдиков, Ф. Г., Иванова, Л. П.** Комплексная переработка бокситов – Екатеринбург : Ур.РАН, 2003. – 180 с.

8 **Быков, П. О., Каршигина, З. Б., Суюндиков, М. М., Лихолобов, Е. Ю.** Актуальность повышения комплексности переработки бокситов Казахстана // Труды Международной научной конференции «Наука и образование – ведущий фактор стратегии «Казахстан – 2030». – Караганда : КарГТУ, 2010. – С. 45–48.

9 **Быков, П. О., Лихолобов, Е. Ю.** Переработка шламов глиноземного производства АО «АК» // Наука и техника Казахстана. – 2010. – № 2. – С. 38–42

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

11 **Жаканов, А. Н., Корниенко, П. В.** Основы получения бетона с требуемыми свойствами // Наука и техника Казахстана. – 2016. – № 3–4. – С. 55–62.

12 **Амбарникова, Г. А.** Актуальные проблемы производства глинозёма // Материалы международной научно-практической конференции «Металлургия Прииртышья в реализации программы форсированного индустриально-инновационного развития «Казахстан – 2020» (27 апреля 2011 года). – Павлодар, 2011. – С. 18–23.

13 **Eduok, S., Ferguson, R., Jefferson, B., Villa, R., Coulon, F.** Aged-engineered nanoparticles effect on sludge anaerobic digestion performance and associated microbial communities // Science of the total environment. – Т. 609. – С. 232–241. [Электронный ресурс]. – DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.07.178 (Опубликовано: DEC 31, 2017).

14 **Semblante, G. U., Phan, H. V., Hai, F. I., Xu, Zh. Q., Price, W. E., Nghiem, L. D.** The role of microbial diversity and composition in minimizing sludge production in the oxic-settling-anoxic process // Science of the total environment, Т.607. – С. 558-567, [Электронный ресурс]. – DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.06.253, Опубликовано: DEC 31 2017.

Материал поступил в редакцию 21.09.18.

Агибаева Алия Жолатовна

магистрант, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университетті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail Ag.aliya84@mail.ru;

Айдар Аманжолов

магистрант, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;

Ларичкин Владимир Викторович

т.ғ.д., профессор, «Экологияның инженерлік мәселелері» кафедрасы,

Новосібір мемлекеттік техникалық университеті,

Новосібір қ., 630000, Ресей Федерациясы.

Материал баспаға 21.09.18 түсті.

Глинозем өндірісі шламының негізінде бетон қоспаларының оңтайлы құрамын әзірлеу

Қазіргі уақытта минералды шикізаттың минералды шикізат қорлары азаяды. Осы себепті, индустрияда жоғары концентрациялы темір қоспалары бар (25% -ға дейін) бокситтердің төмен деңгейін өңдеуге мәжбүр болады, бұл алюминий өндірісі қоқыстарында жиналған ірі қалдықтарды - қызыл шламды ұлғайтуға алып келеді.

Алюминий өндірісінің технологиялық процесі жағдайында темір оксидтері негізінен қызыл шламды болуға және жууға кедергі келтіретін боксит шикізатының қоспасы ретінде қарастырылады; Сонымен қатар, олар сілтілік және алюминат ерітінділерімен өзара байланысып, бірнеше химиялық қосылыстарды қалыптастырады.

Боксит кендерін өңдеудің баламалы аз қалдық әдістерін табу, сондай-ақ олардан құрамында темір құрамды компоненттерді селективті алу мақсатында қызыл балшықты пайдалану мәселесін шешу мәселесі алюминий өнеркәсібіне сәйкес келеді.

Эксперименттік және теориялық зерттеулердің негізінде механохимиялық белсендірілген модификаторларды қолдану арқылы бетон сапасының көрсеткіштерін жақсартудың негізгі әдістері сипатталған.

Ғылыми және жобалау ұйымдарының қызметкерлеріне, магистранттарға және жоғары оқу орындары құрылыс-металлургия факультетінің студенттеріне арналған.

Кілтті сөздер: қызыл шлам, өңдеу, технология, скандий, өндіру, карбонизация.

Agibaeva Aliya Zholatovna

undergraduate, Department of Metallurgy, Faculty of Metallurgy, Machine Building and Transport, S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: Ag.aliya84@mail.ru;

Amanzholov Aydar

undergraduate student, Department of Metallurgy, Faculty of Metallurgy, Machine Building and Transport, S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

Larichkin Vladimir Viktorovich

Doctor of Engineering Sciences, professor, Department «Engineering Problems of Ecology», Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, 630000, Russian Federation.

Material received on 21.09.18.

Development of the optimal composition of concrete mixtures based on alumina sludge production

Currently, stocks of mined high-quality mineral raw materials are being depleted. For this reason, the industry is forced to process low-grade bauxite ores with a high content of iron compounds (up to 25 %), which leads to a significant increase in the growth of large-scale waste accumulated in alumina production dumps – red sludge.

Iron oxides in the conditions of the technological process of alumina production are considered mainly as impurities of bauxite raw materials that impede the separation and washing of red mud; In addition, they can interact with alkaline and aluminate solutions, forming a number of chemical compounds.

As a result, in addition to the main component of hematite (Fe_2O_3), sludges are concentrators of many valuable metals.

The problem of finding alternative low-waste methods for the processing of bauxite ores, as well as solving the problem of utilizing red mud for the purpose of selective extraction of iron-containing components from them, remains relevant for the aluminum industry.

On the basis of experimental and theoretical studies, the main methods for improving the quality indicators of concrete through the use of mechanochemically activated modifiers are described.

Designed for employees of research and design organizations, undergraduates and students of construction and metallurgical faculties of universities.

Keywords: red mud, processing, technology, scandium, extraction, carbonation.

ГРНТИ 55.19.13; 55.13.15; 55.01.21

Ғабдысалық Риза

ст. преподаватель кафедры «Машиностроение»,
Восточно-Казахстанский государственный технический
университет имени Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск,
070004, Республика Казахстан,
e-mail: riza.gabdyssalyk@mail.ru;

Шеров Карибек Тогаевич

д.т.н., профессор, кафедра «Технологическое оборудование, машиностроение и
стандартизация», Карагандинский
государственный технический университет,
г. Караганда, 100027, Республика Казахстан,
e-mail: shkt1965@mail.ru;

Маздубай Асылхан Владимирович

PhD, ассоц. профессор (доцент) кафедры «Металлургия»,
Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан,
e-mail: asylkhan_m@mail.ru;

Окимбаева Асель Еркиновна

преподаватель, кафедра «Технологическое оборудование,
машиностроение и стандартизация», Карагандинский
государственный технический университет,
г. Караганда, 100027, Республика Казахстан,
e-mail: a.okimbaeva@kstu.kz

ИССЛЕДОВАНИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ШТАМПОСВАРНОЙ КОНСТРУКЦИИ КРУПНЫХ ШИБЕРНЫХ ЗАДВИЖЕК

Приводятся результаты исследования технологии изготовления трубопроводной арматуры, в частности крупных шиберных задвижек, в условиях арматурных заводов РК. Выявлены проблемы обеспечения качества при соединениях узлов и деталей крупных шиберных задвижек. В основном существенные проблемы возникают при сборке узлов «седло-шибер» и «корпус», а также при механической обработке свариваемых кромок переменного сечения профиля отверстий в цилиндрическом корпусе соединений «патрубка-корпус», расположенных на взаимно-перпендикулярных поверхностях.

Для совершенствования технологии изготовления и решения существующих проблем авторами разработан способ термофрикционного фрезерования отверстия с криволинейной поверхностью коробки полукорпуса крупных шиберных задвижек и конструкция специальной конусной фрезы трения.

Ключевые слова: шиберная задвижка, патрубка, полукорпус, многопроходная сварка, термофрикционное фрезерование, конусная фреза трения, сварной шов.

ВВЕДЕНИЕ

В Республике Казахстан (РК) одной из главных технических задач транспортировки нефти и нефтепродуктов, пара, холодной и горячей воды и различных других жидких нейтральных и агрессивных рабочих сред, является

создание высокоорганизованной системы коммуникаций трубопроводного транспорта, обеспечивающего высокую надежность и полную экологическую безопасность. Это можно обеспечить лишь при использовании новых разработок в области конструкционных материалов, технологии сварки, создания и изготовления надежной трубопроводной арматуры и других элементов системы трубопроводного транспорта.

Мировой опыт эксплуатации магистральных газонефтепроводов на трубы диаметрами 700–1200 мм, находящихся под высоким внутренним давлением (5,0–12 МПа) и их надежность свидетельствуют, что наиболее экономичным направлением является использование сварных труб, изготовленных из листового проката низколегированных прочных сталей, обладающих хорошей свариваемостью. Немаловажное значение имеет изготовление из труб соответствующих диаметров сварных отводов и фитингов.

Одним из ответственных элементов транспортной трубопроводной системы магистральных газонефтепроводов является запорная и регулирующая трубопроводная арматура, качество которой должна соответствовать международным стандартам. Штамповая трубопроводная арматура имеет неоспоримые преимущества относительно литой, так как позволяет выдерживать более высокие параметры транспортируемой среды при снижении расчетной толщины стенки и снижении общего веса изделия. Однако при этом непрерывно возрастают требования к качеству сварных соединений и изысканию новейших сварочных технологий, обеспечивающих надежность и долговечность работы сварной конструкции при длительном воздействии эксплуатационных нагрузок.

Анализ качества штамповых соединений конструкций ответственного назначения показывает, что существенным фактором возникновения дефектов в сварных швах является человеческий фактор: утомляемость, морально – психологическое и физическое состояние рабочего, случайные действия сварщика несовместимые с требованиями технологии сварки [1, 2]. Поэтому в машиностроении производители особо ответственных сварных конструкций стараются свести к минимуму человеческий фактор и максимально использовать робототехнические комплексы в сварочном производстве. Однако для использования роботов необходима тщательная подготовка свариваемых кромок на современном механообрабатывающем оборудовании и сборка под сварку, обеспечивающая высокую точность для качественного провара корня шва.

Выполненные исследования производств трубопроводной арматуры в условиях арматурных заводов РК показали [3–8], что большие проблемы возникают при сборке узлов «седло-шибер» и «корпус», а также при механической обработке свариваемых кромок переменного сечения профиля отверстий в цилиндрическом корпусе соединений «патрубка-корпус», расположенных на взаимно-перпендикулярных поверхностях. Существует также проблема обеспечения качества сварного соединения при узловой и общей сборке задвижек. Решением данной проблемы может быть применение автоматизированной сварки. Однако применения автоматизированного сварочного оборудования предусматривает для

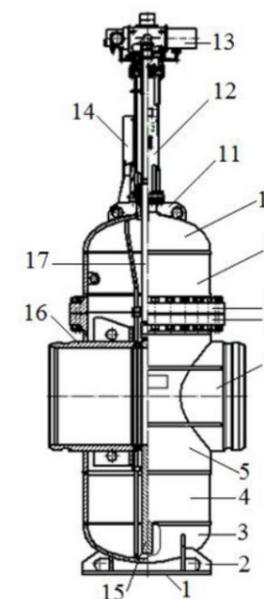
осуществления сварки качественно и точно обработанной поверхности, которые не всегда получается возможным в условиях арматурных заводов РК. А также если поверхность имеет криволинейную или другую сложную профиль тогда его механическая обработка еще усложняется.

В связи с этим разработана способ механической обработки поверхностей со сложными профилями с целью обеспечения и подготовки качественной и точной поверхности для соединения автоматизированной сваркой является актуальной задачей.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В условиях АО «Усть-Каменогорский арматурный завод» (г. Усть-Каменогорск) производится трубопроводная арматура, в частности крупные шиберные задвижки.

На рисунке 1 показано конструкция крупной шиберной задвижки.



1 – основание; 2 – ребро; 3,10 – днище; 4 – обечайка нижняя; 5 – обечайка средняя; 6,16 – патрубка; 7,8 – фланец; 9 – обечайка верхняя; 11 – проушина; 12 – стойка; 13 – электропривод; 14 – кожух; 15 – шибер; 17 – шпиндель

Рисунок 1 – Конструкция крупной шиберной задвижки

Задвижка шиберная служит в качестве запорного устройства на трубопроводах подачи перегретой воды или пара в системах тепловых сетей, котельных и ТЭЦ, а так же на трубопроводах, транспортирующих нефть и нефтепродукты, природный и попутный газ.

Задвижка шиберная состоит из следующих основных деталей и узлов: корпуса, крышки, шпинделя, стойки, шибера, электропривода и редуктора. Базовыми узлами задвижки являются корпус и крышка.

Узел корпус состоит из подузла полукорпус и деталей: обечайка нижняя 4, днище 3, ребра 2 и основание 1. Подузел полукорпус состоит из деталей: обечайка средняя 5, патрубка 6, 16 и фланец 7. Узел крышка состоит из деталей: днище 10, проушина 11, обечайка верхняя 9, фланец 8.

Корпус шиберной задвижки служит для правильного взаимного расположения деталей в процессе эксплуатации изделия. Крышка задвижки предназначена для герметичного соединения с корпусом задвижки и обеспечения выхода клина при открытии условного прохода для подачи рабочей смеси.

Крышка к корпусу крепится при помощи фланца 8 с отверстиями под шпильки, расположенными по окружности. К втулке (на рисунке 1 не указан) крышки крепится стойка 12 для обеспечения вращения шпинделя 17 и крепления электропривода 13.

Основным материалом для базовых деталей шиберной задвижки является углеродистая качественная конструкционная сталь 20. Углеродистые стали дешевы и сочетают удовлетворительные механические свойства с хорошей обрабатываемостью резанием и давлением. Углеродистые качественные стали характеризуются более низким, чем у сталей обыкновенного качества, содержанием вредных примесей и неметаллических включений. Углеродистые стали пластичны, хорошо штампуются и свариваются. Особенно сталь 20 является наиболее рекомендуемой из углеродистых сталей для сварных конструкций с большим объемом сварки. Сталь 20 сваривается без ограничений (кроме химико – термически обработанных деталей), не склонна к отпускной хрупкости.

Детали всех узлов и подузлов шиберной задвижки соединяются путем сварки. Основные типы применяемых технологий сварки в условиях завода – это полуавтоматическая сварка в среде защитного газа и автоматическая сварка под слоем флюса. Так же на предприятии применяется полуавтоматическая сварка в импульсном режиме, что позволяет обеспечить при сварке обратное формирование шва. После сварки сварные швы подвергаются термообработке для снятия внутренних напряжений возникающих в зоне сварного соединения. После чего проводится контроль сварного шва. При контроле используются следующие методы: рентгенография, ультразвуковая и цветная дефектоскопия.

Сварные швы должны иметь плавные переходы к основному металлу, а также поверхность без наплывов. Если при внешнем осмотре обнаружены наплывы швов, кратеры, участки с трещинами и порами, с размерами и количеством выше допускаемой величины, то их вырубает, выплавляют с последующей заваркой. В месте, где обнаружены дефекты, производят дополнительные засверливания для выявления границ дефектного участка, после установления, которых шов на этом участке удаляется и заваривается вновь.

Тщательный контроль и приёмка деталей и готовых изделий проводят на всех стадиях производства сварных конструкций.

На всех стадиях обработки проверяют: соблюдение внешнего вида и формы составных деталей сварной конструкции, в соответствии с техпроцессом, чертежами и техническими условиями (качество разделки кромок, зачистка после газовой резки); отсутствие внешних пороков металла (раковин, расслоений); соответствие металла чертежу на основании сертификата и лабораторных исследований.

После сборки сварной конструкции проверяют: отсутствие окалины, масла, чистоту металла в месте наложения швов; соответствие основных размеров основным чертежам, соблюдение допусков; правильная подготовка металла под сварные швы, зазоры.

При сварке т.е. в процессе сварки проверяют: соответствие квалификации сварщиков и режимов сварки по техпроцессу; зачистка предыдущих слоев шва перед наложением последующего; порядок наложения швов по техпроцессу; соответствие швов и марки сварочной проволоки чертежным размерам.

Если дефект не обнаружен, то сварочные сборочные единицы передаются на заключительную механическую обработку.

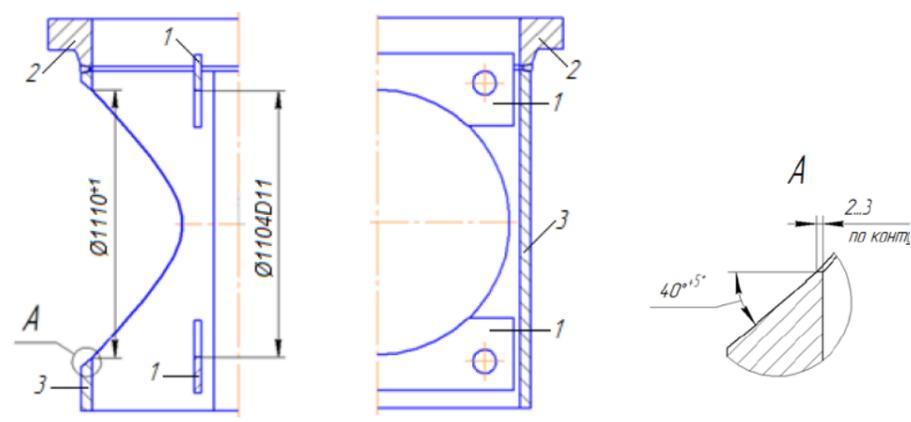
Детали задвижек, обеспечивающие герметичность узла затвора поступают на участок гальванопокрытий. При гальванизации детали покрываются хромовым или цинковым покрытием. Качество гальванопокрытия также контролируется специальными методами, включая замеры твердости и толщины покрытия электронными приборами.

В итоге все детали и сборочные узлы изделия поступают на участок сборки и испытаний. В связи с высоким рабочим давлением к сборочным узлам задвижки предъявляются высокие требования по прочности, а также для проверки соответствия задвижки требованиям Технических Условий на заводе изготовителе проводятся следующие испытания: на работоспособность, на прочность и плотность, на герметичность.

Обсуждение пути совершенствования технологии изготовления. Результаты исследования технологии изготовления крупных шиберных задвижек в условиях АО «Усть-Каменогорский арматурный завод» показывает, что для повышения качества изготовления и обеспечения долговечности, прочности, плотности и герметичности соединения узлов и деталей необходимо применение сварочного робота для автоматизации сборочно-сварочных работ, в частности при сборке узла корпус. В сварочных роботах предусмотрен импульсно-дуговой процесс сварки, который позволяет производить сварку с обратным формированием корня шва. При сварке роботами требуется высокая точность сборки, для этого необходима механическая подготовка кромок в коробке корпусе под сварку на станке с ЧПУ.

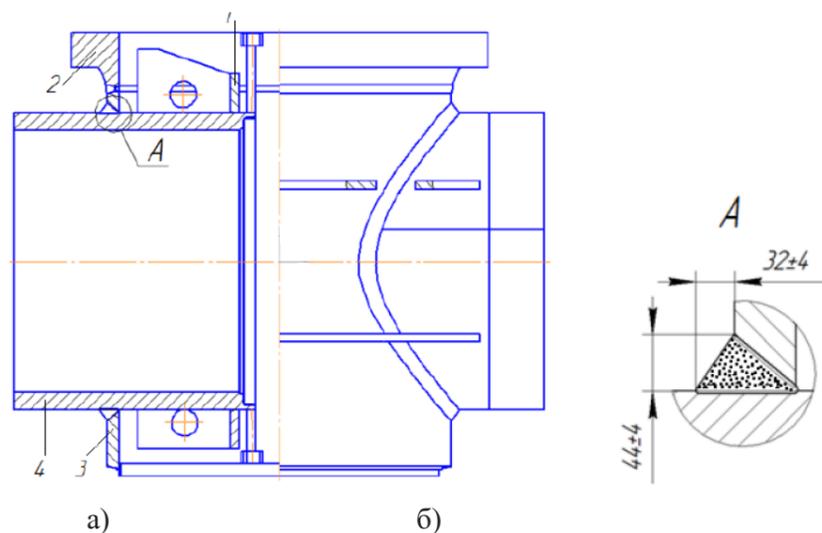
Условием качественного выполнения сварного соединения «магистральный патрубок - корпус» шиберной задвижки является сквозное проплавление сварного шва с обеспечением обратного формирования валика корня шва. Это можно достигнуть лишь при высокой точности механической обработки отверстия в корпусе с учетом обеспечения притупления кромки и равномерного зазора между стыкуемыми элементами при сборке под сварку.

На рисунке 2 показана коробка корпуса шиберной задвижки.



а – вид сбоку; б – вид спереди; в – вид А; 1 – ребра; 2 – фланец; 3 – обечайка
Рисунок 2 – Коробка корпуса шиберной задвижки

На рисунке 3 показан подузел полукорпус шиберной задвижки.



а – вид сбоку; б – вид А; 1 – ребра; 2 – фланец; 3 – обечайка; 4 – патрубка
Рисунок 3 – Подузел полукорпус шиберной задвижки

Коробка корпуса задвижки (см. рисунок 2) состоит из соединения двух деталей обечайки 3 и фланца 2. После сборки узла коробки корпуса во внутреннюю полосу заваривают детали ребра 1.

Отверстие $\text{Ø}1110^{+1}$ с криволинейной поверхностью вырезают огневой резкой и в дальнейшем обрабатывают по контуру под сварной шов (см. рисунок 2, в).

В отверстия $\text{Ø}1110^{+1}$ и $\text{Ø}1104D11$ устанавливается деталь патрубка и сваривается по контуру непрерывной дугой способом MIG/MAG. По чертежу отверстие с криволинейной поверхностью имеет 1 мм допуска. При правильном базировании патрубки, она должна иметь по диаметру $3 \div 3,5$ мм щели (с учетом допуска) для заварки. Однако обеспечить равномерный зазор по диаметру патрубки в пределах допуска невозможно, ввиду низкого качества обработки отверстия и наружного диаметра патрубки, а также из-за сложности обеспечения соосности патрубки и отверстий ($\text{Ø}1110^{+1}$ и $\text{Ø}1104D11$) коробки полукорпуса (см. рисунок 2, а и рисунок 3, а) при сборке. При неравномерности зазора по диаметру патрубки обеспечение качества сваривания и обратного формирования валика корня шва невозможно.

Для решения данной проблемы в работе [3] было отмечена необходимость разработки прогрессивной технологии обработки отверстий с криволинейной поверхностью.

В результате проведенных исследований разработана способ термофрикционного фрезерования и конструкция специальной конусной фрезы трения для обработки отверстий с криволинейными поверхностями подузла полукорпуса.

На рисунке 4 показана фотография конусной фрезы трения.



1 – напавленные зубья

Рисунок 4 – Фотография конусной фрезы трения

Для повышения износостойкости конусной фрезы трения на режущие части инструмента были напавлены напавочный материал STOODY M7-G, обладающий высокой твердостью и температурной стойкостью.

В таблице 1 приводится химический состав и твердость материала.

Таблица 1 – Химический состав и твердость напавочного материала STOODY M7-G, %

C	Cr	Mn	Mo	V	W	Fe	Твердость
1,0	4,0	0,4	9,0	2,0	2,0		58-66 HRC

Наплавку производили на лабораторной базе Казахстанского института сварки при Карагандинском государственном техническом университете.

Результаты экспериментальных исследований по обработке криволинейных поверхностей показали положительные показатели качества. Установлено, что при выборе оптимальных режимов резания можно обеспечить шероховатость обработанной поверхности в широких пределах $R_a = 1,25 \div 6,2$ мкм.

Термофрикционное фрезерование отверстия с криволинейной поверхностью осуществляется на станке с ЧПУ. Для обеспечения термофрикционного фрезерования была разработана методика и управляющая программа в среде пакета NX [9].

Применение предлагаемой технологии обеспечивает повышение качества и точности обработки отверстий с криволинейной поверхностью и позволяет, уменьшит размеры зазора за счет ужесточения допусков на диаметр отверстия коробки полукорпуса. При этом достигается обеспечение равномерного зазора по диаметру патрубки, который позволит применения многопроходной сварки «MIG-MAG» [10, 11] с использованием робототехнического комплекса по заданной программе с учетом получения коренного валика с обратным формированием методом STT.

А роботизация позволит модернизировать производство, повысить качество изготовления, производительность, улучшить конкурентоспособность продукции и снизить трудоемкость.

ВЫВОДЫ

1 Исследование технологии изготовления штампосварных соединений показывает, что существенным фактором возникновения дефектов в сварных швах является человеческий фактор, который диктует необходимость использования робототехнических комплексов в сварочном производстве. Однако применения робототехнических комплексов предусматривает для осуществления сварки качественно и точно обработанные поверхности, которые не всегда получаются возможным, а также, если поверхность имеет криволинейную или другую сложную профиль тогда его механическая обработка еще больше усложняется.

2 Выполненные исследования производств трубопроводной арматуры, в частности крупных шибберных задвижек, в условиях арматурных заводов РК показали, что существенные проблемы возникают при сборке узлов «седло-шиббер» и «корпус», а также при механической обработке свариваемых кромок переменного сечения профиля отверстий в цилиндрическом корпусе соединений «патрубка-корпус», расположенных на взаимно-перпендикулярных поверхностях.

3 Для решения вышеуказанных проблем разработан способ термофрикционного фрезерования отверстия с криволинейной поверхностью коробки полукорпуса крупных шибберных задвижек и конструкция специальной конусной фрезы трения.

4 Применение предлагаемой технологии обеспечивает повышение качества и точности обработки отверстий с криволинейной поверхностью коробки полукорпуса крупных шибберных задвижек и позволяет, уменьшит размеры зазора за счет ужесточения допусков на диаметр отверстия коробки полукорпуса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Гуревич, Д. Ф.** Трубопроводная арматура. Справочное пособие / – 3-е изд. – М. : ЛКИ, 2008. – 368 с.

2 **Чемодуров, Ю. К.** Трубопроводный транспорт газа, нефти и нефтепродуктов. Учебное пособие / – Минск : Беларусь, 2009. – 520 с.

3 **Шеров, К. Т., Габдысалык Р.** Анализ и исследование проблемы изготовления крупных задвижек для магистральных трубопроводов / Труды университета. – Караганда : Изд-во КарГТУ, 2018. – № 1 (70) – С. 13–17.

4 **Габдысалык, Р., Шеров, К. Т., Лопухов, Ю. И.** Повышение износостойкости сопрягаемых поверхностей узла «седло-шиббер» крупных шибберных задвижек / Вестник Казахской академии транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева. – Алматы : Изд-во КазАТК, 2018. – № 1 (104). – С. 67–76.

5 **Габдысалык, Р., Шеров, К. Т.** Проблемы обработки и сборки узла «корпус» крупных шибберных задвижек // Труды международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения № 10), Часть 5. – Караганда : Изд-во КарГТУ, 2018. – С. 92–94.

6 **Ходжибергенов, Д. Т., Шеров, К. Т., Касенов, А. Ж., Хожибергенова, У. Д.** Проблемы выбора технологии обработки нововнедренных материалов в производство // Наука и техника Казахстана. – № 2. – 2018. – С. 111–117

7 **Габдысалык, Р., Шеров, К. Т.** Создание расчетной модели специальной конусной фрезы методом конечных элементов / Механика и технологии. – Тараз : Изд-во «Тараз университеті» ТарГУ им. М. Х. Дулати, 2018. – № 3 (61).

8 **Габдысалык, Р., Шеров, К. Т.** Вопросы роботизации сварки узлов крупных шибберных задвижек штампосварной конструкции // Материалы международной научно-технической конференции молодых ученых «Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности». – Могилев : Белорус-Рос. ун-т, 2018. – С. 94.

9 **Шеров, К. Т., Габдысалык, Р., Шеров, А. К., Карсакова, Н. Ж.** Методика разработки управляющей программы в среде NX CAM для обработки больших отверстий с криволинейными поверхностями на станке с ЧПУ (*научное произведение*) / Свидетельство о государственной регистрации прав на объект авторского права за № 1334 от 02 мая 2018г.

10 **Габдысалык, Р., Лопухов, Ю. И.** Повышение технологичности и служебных свойств дисперсионно-твердеющих сталей в условиях наплавки MAG для теплоэнергетической арматуры / Вестник Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д. Серикбаева – Усть-Каменогорск : Изд-во ВКГТУ, 2014. – № 4 – С. 64–70.

11 **Габдысалык, Р., Лопухов, Ю. И.** Повышение эрозионных свойств дисперсионно – твердеющей стали в условиях наплавки MAG для теплоэнергетической арматуры / Вестник Восточно-Казахстанского

Материал поступил в редакцию 21.09.18.

Ғабдысәлік Риза

аға оқытушысы, «Машина жасау» кафедрасы,
Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан
мемлекеттік техникалық университеті,
Өскемен қ., 070004, Қазақстан Республикасы,
e-mail: riza.gabdyssalyk@mail.ru;

Шеров Қарібек Тоғәевич

т.ғ.д., профессор,
«Технологиялық жабдықтар, машинажасау және стандарттау» кафедрасы,
Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті,
Қарағанды қ., 100027, Қазақстан Республикасы,
e-mail: shkt1965@mail.ru;

Мәздубай Әсылхан Владимирович

PhD, қауымд. профессоры (доцент), «Металлургия» кафедрасы,
С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар, 140008, Қазақстан Республикасы,
e-mail: asylkhan_m@mail.ru;

Оқимбаева Әсель Ерқиновна

оқытушы, «Технологиялық жабдықтар, машинажасау және стандарттау»
кафедрасы, Қарағанды мемлекеттік техникалық
университеті, Қарағанды, 100027, Қазақстан Республикасы,
e-mail: a.okimbaeva@kstu.kz.
Материал баспаға 21.09.18 түсті.

Ірі шиберлі ысырмасының штампты-пісірілген конструкциясын жасау технологиясын зерттеу және жетілдіру

Құбыр арматурасын даярлау, атап айтқанда Қазақстан Республикасы құбыр өндіру зауыттарының жағдайында ірі шиберлік ысырмаларды даярлау технологиясын зерттеу нәтижелері берілген. Ірі шиберлік ысырмалардың тетіктері мен тораптарын біріктіру кезінде сапаны қамтамасыз ету мәселелерінің бар екендігі анықталған.

Әсіресе елеулі мәселелер «егер-шибер» және «корпус» тораптарын құрастыру кезінде, сондай-ақ, өзара перпендикуляр беттерде орналасқан, «патрубка-корпус» торабының цилиндрлік корпусындағы пісірумен біріктірілетін тесік пішінінің өзгеруіне ұшырайтын механикалық өңдеу кезінде пайда болады.

Осы мәселелерді шешу және ірі шиберлік ысырмаларды даярлау технологиясын жетілдіру үшін авторлар тарапынан ірі шиберлік ысырмалардың жартылайкорпус қорабы тесігінің қисықсызықты бетін термофрикциялық фрезерлеу әдісі мен арнайы конустық үйкеліс фрезасының құрылымы жасатылған.

Кілтті сөздер: Шиберлік ысырма, патрубка, жартылайкорпус, көптікелді пісіру, термофрикциялық фрезерлеу, конустық үйкеліс фрезасы, дәнекерленген жік.

Gabdyssalyk Riza

senior lecturer, Department of «Mechanical Engineering»,
D. Serikbayev East Kazakhstan State Technical University,
Ust-Kamenogorsk, 070004, Republic of Kazakhstan,
e-mail: riza.gabdyssalyk@mail.ru;

Sherov Karibek Togayevich

Doctor of Technical Sciences, professor, Department of
«Technological equipment, engineering and standardization»,
Karaganda State Technical University,
Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan,
e-mail: shkt1965@mail.ru;

Mazdubay Assylkhan Vladimirovich

PhD, associate professor (docent), Department of «Metallurgy»,
S. Toraihyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan,
e-mail: asylkhan_m@mail.ru;

Okimbaeva Asel Erkinovna

lecturer, Department of «Technological equipment, engineering
and standardization», Karaganda State Technical University,
Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan,
e-mail: a.okimbaeva@kstu.kz.

Material received on 21.09.18.

Research and perfection of the technology of manufacturing a stamped welded structure for large shiber latches

This article presents the results of research into the technology of manufacturing pipeline valves, in particular large slide valves, in the conditions of reinforcement plants in Kazakhstan. The problems of quality assurance are revealed at connections of knots and details of large gate valves. In general, significant problems arise when assembling the «saddle-slide» and «body» assemblies, as well as when machining the welded edges of the variable section of the profile of the holes in the cylindrical body of the «branch-body» connections located on mutually perpendicular surfaces. To improve the manufacturing technology and solve existing problems, the authors developed a method for thermofriction milling of a hole with a curved surface of a half-shell box of large slide gate valves and a special friction cone friction design.

Keywords: sliding gate valve, branch pipe, half-body, multi-pass welding, thermo-friction milling, cone friction cutter, welded seam.

Гришина Анастасия Игоревна

кафедра «Механика и нефтегазовое дело», Факультет химии и химических технологий,
Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан,
email: nastya-nastusha2005@mail.ru

ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ И ИХ РОЛЬ

В промышленном производстве Казахстана химическая и нефтехимическая отрасли занимают одно из ведущих мест всего производства.

Происхождение слова «технология» от греческих («technos» – искусство и «logos» – учение, наука) вполне отвечает его содержанию: учение об умении, искусстве перерабатывать исходные вещества в полезные продукты. Классификация технологии, в основном связана с отраслями промышленности. Очевидно, что провести четкую границу в признаках классификации технологии получения различных продуктов нельзя, ибо одинаковые приемы обработки исходных материалов могут быть использованы при получении различных продуктов (например, приемы штамповки металлов используются как в технологии металлов, так и в машиностроении).

Эволюция химии и химической технологии свидетельствует о сложном взаимоотношении науки и производства в процессе развития общей культуры человечества. Поэтому обращение к истории науки, как способу рациональной реконструкции научного знания, возможно лишь при учете характера соотношения науки и технологии, как особых форм научного знания.

Ключевые слова: рациональность, реконструкция, история науки, химическая технология, взаимодействие наук.

ВВЕДЕНИЕ

Эволюция химии и химической технологии свидетельствует о сложном взаимоотношении науки и производства в процессе развития общей культуры человечества. Поэтому обращение к истории науки, как способу рациональной реконструкции научного знания, возможно лишь при учете характера соотношения науки и технологии, как особых форм научного знания.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Если представить, развитие химического объекта как движение многоуровневых, по степени их организации, систем, то и сама наука предстает в виде методологического континуума восхождения от абстрактного к конкретному. Проявление последнего как метода развития имеет свои научные обоснования. Образ ее эволюции в значительной степени зависит от направления рациональной деятельности: индуктивного, дедуктивного или комбинированного.

Отметим некоторые этапы становления методологии Д. И. Менделеева [1, с. 276]. Сначала должна быть определена «клеточка» химической науки, которая в процессе концептуального оформления, получает завершённую форму в виде систем эволюционного процесса формирования данных работ Д. И. Менделеева. Здесь во внимание принимается то обстоятельство, что «Основы

химии» имели эволюционное развитие, представленное в форме нескольких вариантов изданий, каждое из которых было особенным, что выражалось в соответствующем «предисловии». Особо, следует отметить значительные изменения, представленные в отношении «цели» и «средства» химической науки. Эти изменения выявились в предисловии к восьмому изданию. В данном случае, содержание «Основ химии» проявилось, прежде всего, в том, что было осуществлено определение «химического объекта» и выбраны его основные уровни освоения.

При этом конкретный «химический объект» определяется в процессе интегративной деятельности, когда на базе не только эмпирического и теоретического, но и культурологического материала были сформулированы рациональные методы его исследования. Химический объект исследования был определен в виде качества, представленного в системе «вещества или материи» [2, с. 89]. Качество уровней вещества зафиксировано как «элемент» и «атом». Подобные уровни «качества» конкретизированы и количественно материально представлены «атомным весом». При этом, «вещество или материя» рассматриваются не как тождественные понятия. Их различие определяет и разное понимание химизма. Химизм зависит от невидимого, внутреннего движения в веществе, когда материя остается «тою же» и в том же их количестве, но иначе распределенного вследствие «внутреннего движения», которое «умственными глазами должны ясно себе представить, но непосредственно уловить не можем» [3, с. 444]. При этом химизм в движении рассматривается в динамических областях знаний, когда движение «оживотворено запасами сил». При этом сущность предмета определяется наличием общей связи всех явлений.

Исследование «вещества» начиналось, во-первых, с изучения условий его возникновения, его истории, когда происходит широкое применение метода аналогии, как свойств, так и отношений, с его процедурой сравнения; во-вторых, комплексном использовании логики обобщения исторических знаний, с применением «сравнительного метода» и, в-третьих, с формирования самих «основ» науки. Таким образом, если представить данный процесс в содержательном плане, то аналогичным способом было осуществлено формирование «общей науки», с учетом разных родов материи. Следовательно, был осуществлен обобщенный, сравнительный подход в определении предмета химической науки, принимая во внимание возможность ее развития во времени.

Сравнительный подход в будущем модифицировался в одноименный метод исследования, который является по существу методологическим синтезом нескольких методов. Реализация данного метода проявилась, прежде всего, при определении значения «химии» в системе наук. На первом этапе был определен основной интерес химии, который находится в определении «качества элементов» [3, с. 16]. Учитывая это, в отношении к другим наукам, химия, ее предмет определяется следующим образом. Если химия – это учение об «элементах», а механика – о «силах», то физика – учение о методах исследования природы [3, с. 17, 4]. При этом для раскрытия сущности «сил» уже химиками, то им

потребуется неоднократное обращение к философии, для выяснения «действием ли силы удерживаются вместе химические составы, или действием чего-то другого» [5, с. 193, 6]. Далее, учитывая высокий дисциплинарный уровень развития механики, которую рассматривают в качестве основы естественной философии, то поскольку химия изучает «живое», а также «общее», в будущем она «займет место рядом с механикой» для постижения тайн природы [3, с. 31-32]. Итак, в истории химического познания было выявлено обстоятельство того, что определение «общей науки» осуществлялось через «сочетание» принципов системности и развития, свидетельствующих о единстве принципов «всеобщей связи и развития» [7, с. 11, 8].

Подобное «сочетание» является важным методологическим приемом в системе развивающейся традиции как способа исследовательской деятельности и научного общения, которую обосновал Д. И. Менделеев. Содержание подобной традиции было сформулировано в процессе сложного, исторического развития, когда создавался так называемый закон периодической зависимости системы элементов.

Данное научное открытие условно можно представить в виде двухуровневой системы: закона периодичности и периодичности системы элементов [2, с. 3]. Рациональная реконструкция истории химического знания выявила следующий порядок - сначала было осуществлено определение системности элементов, которое затем привело к раскрытию и обоснованию закона периодичности. Таким образом, рациональная историческая реконструкция научного знания, с учетом выявленных принципов и осуществленная отечественными философами и историками химии, позволила не только определить эту важную закономерность, но и выявить порядок ее осуществления, который свидетельствует о проявлении в научном исследовании метода восхождения от абстрактного к конкретному.

Следует подчеркнуть еще одно значение важности осуществления подобного исследования в области исторической реконструкции знания. Это обращение к формированию новых познавательных средств, без которых невозможно дальнейшее научное движение. Следовательно, движение любого процесса исследовательской и коммуникативной деятельности осуществляется не только как единство философского и естественнонаучного уровней, но и как новое мировоззренческое осмысление их взаимоотношений.

Подобное взаимодействие естественно-научных и философских знаний следует рассматривать как проявление эвристических функций философии [9, с. 16]. Образец взаимоотношений естественнонаучного и философского уровня проявляется и в процессе исторической реконструкции системы развивающегося научного знания. Поэтому и формирование Д. И. Менделеевым обобщенных «Основ химии» должно было произойти и произошло в русле противоречивого синтеза знания – «химического» и «мировоззренческого». Конкретно, основы общей химии создавались Д. И. Менделеевым как динамическое единство трех уровней методологического знания. Здесь следует подчеркнуть, что в настоящем исследовании мы учитываем условность понятий «знание» и «наука» [10, с. 27].

Формирование обобщенной химической науки, кроме определения предела ее интереса в отношении к ряду других наук, потребовало также выявления ее обобщенного предмета исследования.

Конкретная методологическая особенность деятельности химической науки должна выражаться через ее классификацию. Применение метода классификации требует знаний, как о содержании данной процедуры, так и о предмете соответствующей науки.

Классификация науки определяет ее содержание на уровне «клеточки», сочетая в ней те общие свойства, которые присущи данной науке, характеризующейся представлениями о веществе, силе и духе [11, с. 453]. Сущность химической науки должна учитывать не только представленную данную систему элементов, но многоуровневое содержание «качеств» элементов ее предмета. В силу этого, методология интерпретации и репрезентации должна постоянно функционировать в системе понимания смысла химического явления. Поэтому наиболее адекватной формой определения смысла «тайного» химического знания выступает система концептуализации, представляющая собой новую, уровневую организацию методологического синтеза, получившей начало своего развития еще как при алхимическом уровне исследования, так и при переходе познания от предмета к процессу. На сложность этого перехода оказало влияние также движение от аналитического к синтетическому способу исследовательской деятельности, что получило соответствующее отражение в системе знаково-образного моделирования. На этом этапе существенно изменяется и сам принцип моделирования, он стал концептуальным [12, с. 153].

В связи с этим модифицировались функции не только моделей, но и других средств знаково-символического исследования, что было представлено как процесс перехода к проблеме понимания. Одним из оснований перехода к проблеме явилось широкое введение в практику научного познания символической формы обозначения, поскольку именно символ стал тождественен веществу или технологической операции [13, с. 115].

Поэтому, принимая во внимание вышесказанное, можно предположить, что определенный концептуальный уровень исследования «веществ» в сфере химической науки, сам является и уровнем химической технологии или имеет соответствующую технологию их производства, например, неорганических или органических веществ [13, с. 18, 30; 12]. Фактически здесь проявляется принцип единства системности и развития, когда считается, что некоторая наука развивается как соответствующая технология [13, с. 13]. В данном случае, речь идет о химической технологии. На «нулевом» уровне развития концептуальных систем в период средневекового развития культуры, химия, как наука, и технология, как производство, соответствовали друг другу. Однако, проблема «соответствия» науки и производства заключается, на наш взгляд, в ином.

Противоречивость ситуации состоит в том, что, с одной стороны, крайне сложно идентифицировать предмет научного исследования и содержание «химической» науки. Все дело в том, что химическая наука сама создает свой предмет исследования и поэтому на различных уровнях ее развития постоянно осуществляется взаимопереход не только цели и средства, но и науки и технологии. Таким образом, «химическая технология» приобретает статус особой химической дисциплины, с возникновением

которой связан процесс определения вещества [13, с. 19]. Это связано также с тем, что исследование качества вещества возможно только через его свойства. Таким образом, на концептуальные основы химической науки оказала влияние, главным образом, система трех дисциплин – «химическая технология», «химия» в её взаимосвязи с другими естественными науками и «история химии». Поэтому, если рассматривать химическую науку, с учетом классификации по различным уровням материи, предложенной Д. И. Менделеевым, то она как система знаний, влияющая на развитие познавательной традиции, в значительной степени функционально будет определяться характером взаимосвязи этих вышеуказанных дисциплин химической отрасли. Поэтому в истории химической науки предлагается новый дисциплинарный раздел, который представляется как химология. Подобный раздел химической науки должен включить в себя все формы знаний, затрагивающие «специальные свойства всех родов материи, и в свете их – описать формы, в которые материя разных родов себя облекает» [5, с. 201]. Итак, представление «химической технологии» в качестве имеющей свою историю дисциплины, позволяет сформулировать основные методологические принципы ее познавательных возможностей.

ВЫВОДЫ

Данные возможности определяются «технологическим» состоянием, в котором может находиться материальная система: во-первых, выступать в качестве потребителя ресурсов, быть в состоянии «реактора» перерабатывающего соответствующими внутренними технологиями, поступающих ресурсов на его вход, во-вторых, при наличии «внешних» взаимодействий способность сохранять непрерывную, ресурсную целостность для технологий последующего поколения, в-третьих, представлять «отходы» как продукты предыдущих технологических состояний [11, с. 65].

Следовательно, осуществление признания «технологического» не только в значении «свойства» материальной системы, но и как ее атрибутивного состояния, свидетельствует о возможности наличия нового фактора, характеризующего реальные отношения подобных систем: явления фаллибилизма.

Поэтому, рассмотренная классификация, определяющая, на наш взгляд, «химическую технологию» на начальном этапе развития химической науки как самостоятельную науку в системе химии, позволяет определить не только вообще ее место в системе других естественных наук, но и, что является самым важным, выявить необходимость ее внутреннего единства в развитии с историей химической науки. Без осуществления рациональной реконструкции истории химической науки и без соответствующего философского осмысления данного материала дальнейший научно-технологический прогресс трудноосуществим. В будущем, прогрессивное движение затруднено также потому, что намного усложняется понимание развития «технологического ряда», в котором «все последующие формы являются искусственными по отношению к породившим их предыдущим формам» [13, с. 66].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Менделеев, Д. И.** Заветные мысли / Д. И. Менделеев. – СПб. : Типолиитография М. П. Фроловой, 1903–1904. – 316 с.
- 2 **Семишин, В. И.** Периодический закон и периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева в работах русских ученых / В. И. Семишин. – М. : Наука, 1959. – 98 с.
- 3 **Менделеев, Д. И.** Собрание сочинений: в 25-и т. Т. XXIV / Д. И. Менделеев. – Л. – М. : Изд-во АН СССР, 1954. – 461 с.
- 4 **Рындин, В. В.** Взаимосвязь физических величин // Наука и техника Казахстана. 2017. – № 3–4. – С. 63–71.
- 5 **Пирс, Ч. С.** Принципы философии: в 2-х т. Т. 1 / Ч.С. Пирс. – СПб : Санкт-Петербургское философское общество, 2001. – 224 с.
- 6 **Рындин, В. В.** Философский и физические законы сохранения // Наука и техника Казахстана. 2003. – № 3. – С. 26–37.
- 7 **Кедров, Б. М.** Метод логического построения науки // Структура и развитие научного знания. Системный подход к методологии науки / Под ред. Б. М. Кедрова и др. : Материалы к VII Всесоюзной конференции «Логика и методология науки» (Вильнюс, 1982) / Б. М. Кедров. – М. : ВИНТИ, 1982. – С. 9–12.
- 8 **Кажымурат, К.** Очерки истории развития науки Казахстана // Наука и техника Казахстана. – 2001. – № 1. – С. 37–63.
- 9 **Степин, В. С.** Интенсивный рост научного знания и проблема эвристических функций философии // Структура и развитие научного знания. Системный подход к методологии науки // Материалы к VII Всесоюзной конференции «Логика и методология науки» (Вильнюс, 1982) / В. С. Степин. – М. : ВИНТИ, 1982. – С. 16–19.
- 10 **Ивин, А. А.** Проблема понимания природы и детерминизма / А. А. Ивин // Эпистемология & философия науки. – 2008. – Т. XV. – № 1. – С. 5–27.
- 11 **Менделеев, Д. И.** Собрание сочинений : в 25-и т. Т. II / Д. И. Менделеев. – Л. : Изд-во ОНТИ – ГОСХИМТЕХИЗДАТ, 1934. – 518 с.
- 12 **Рузавин, Г. И.** Основы логики и аргументации / Г. И. Рузавин. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2007. – 320 с.
- 13 **Рабинович, В. Л.** Алхимия как феномен средневековой культуры / В. Л. Рабинович. – М. : Изд-во Наука, 1979. – 388 с.

Материал поступил в редакцию 21.09.18.

Гришина Анастасия Игоревна

«Механика және мұнай-газ ісі» кафедрасы, Химия және химиялық технологиялар, және жаратылыстану факультеті,
С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы,
email: nastya-nastusha2005@mail.ru
Материал баспаға 21.09.18 түсті.

Ғылымдағы химиялық технологиялар және олардың рөлі

Қазақстанның өнеркәсіптік өндірісінде химия және мұнай-химия салалары жетекші орындардың бірі, барлық өндіріс орнын алады.

Грек тілінен («techne» - өнер және «logos» - ілім, ғылым) «технология» сөзінің шығу тегі оның мазмұнына толық жауап береді: бастапқы заттарды пайдалы өнімдерге өңдеу өнері туралы ілім. Технологияның әсіктелуі, негізінен өнеркәсіп салаларымен байланысты. Әр түрлі өнімдерді алу технологиясын әсіктеу белгілерінде нақты шекара жүргізуге болмайды, өйткені бастапқы материалдарды өңдеудің бірдей тәсілдері әр түрлі өнімдерді алу кезінде пайдаланылуы мүмкін (мысалы, металдарды штамптылау тәсілдері металл технологиясында да, машина жасауда да қолданылады).

Химия және химиялық технология эволюциясы адамзаттың жалпы мәдениетін дамыту процесіндегі ғылым мен өндірістің күрделі өзара қарым-қатынасын куәландырады. Сондықтан ғылыми білімді ұтымды қайта құру тәсілі ретінде ғылым тарихына жүзіну ғылыми білімнің ерекше түрі ретінде Ғылым мен технологияның арақатынасының сипатын есепке алғанда ғана мүмкін болады.

Кілтті сөздер: рационалдылық, қайта құру, ғылым тарихы, химиялық технология, ғылымдардың өзара әрекеттесуі.

Grishina Anastasia Igorevna

«Mechanics and Oil and Gas Business», Department of Faculty of Chemical Technology and Natural Sciences, S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan,

email: nastya-nastusha2005@mail.ru.

Material received on 21.09.18.

Chemical technologies in science and their role

Chemical and petrochemical industries occupy one of the leading places in the industrial production of Kazakhstan.

The origin of the word «technology» from the Greek («techne» – art and «logos» – teaching, science) is fully consistent with its content: the doctrine of the ability, the art of processing the original substances into useful products. Classification of technology is mainly related to industries. It is obvious that it is impossible to draw a clear boundary in the classification of the technology of obtaining different products, because the same methods of processing of raw materials can be used in the production of different products (for example, metal stamping techniques are used both in metal technology and in engineering).

Evolution of chemistry and chemical technology testifies to difficult mutual relation of a science and manufacture in development of the general culture of mankind. Therefore the reference to science history as to a way of rational reconstruction of scientific knowledge, it is possible only at the account of character of a parity of science and technology, as special forms of scientific knowledge.

Keywords: Rationality, reconstruction, science history, chemical technology, interaction of sciences.

ГРНТИ 67.01.85

Тулеубаева Асем Нурболатовна

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

ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРИНЯТИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ

В статье обобщен новый материал по исследуемой теме. Рассматриваются ключевые этапы, касающиеся проблем автоматизации проектирования, решения основных вопросов разработки проблем оптимального проектирования САПР. Основное внимание в работе автор акцентирует на решении основных вопросов оптимального проектирования разработки САПР. Выделяются и описываются характерные особенности проектных операции: синтез и анализ. В данной статье предпринята попытка раскрыть основные причины термина «принятие проектного решения». Моделирование или создание модели объекта проектирования является проектной операцией, связанной с каждой из двух других проектных операций: синтезом и анализом. Поэтому далее моделирование или создание модели объекта будет рассмотрено подробно. Произведен анализ задач, подходов и технических средств, их решения позволяют выделить три этапа развития автоматизации проектирования технологии.

Ключевые слова: автоматизация, проектирование, оптимизация, проектные решения, синтез, анализ, САПР – система автоматизированного проектирования, моделирование.

ВВЕДЕНИЕ

Проблемы автоматизации проектирования технических устройств в последние годы привлекают внимание все большего числа проектировщиков и исследователей. Развитие методологии, численных методов и алгоритмов оптимального проектирования оказывает решающее влияние на особенности систем автоматизированного проектирования (САПР), внедряемых на предприятиях.

Поэтому в учебные планы по подготовке студентов различных специальностей – будущих специалистов, использующих САПР в своей инженерной деятельности, введена специальная дисциплина по основам принятия оптимальных решений с помощью ЭВМ [1].

Общим для задач принятия оптимальных решений, которые возникают на разных этапах проектирования, является то, что они могут быть сформулированы математически как задача нелинейной оптимизации: для заданной математической модели проектируемого устройства требуется подобрать такие значения варьируемых параметров, чтобы они обеспечивали экстремальное значение (максимум или минимум) одной из наиболее важных технико-экономических характеристик при условии, что другие характеристики удовлетворяют заданной совокупности технических требований.

К сожалению, среди численных методов поиска оптимальных решений, которые получили название методов оптимального проектирования (методов оптимизации, методов поиска), не существует универсального, который позволял бы эффективно решать любую задачу нелинейной оптимизации. В настоящее время решение каждой задачи оптимального проектирования требует индивидуального подхода и связано с применением нескольких методов поиска оптимального решения, и даже в этом случае успех во многом будет зависеть от квалификации и опыта проектировщика. В связи с этим в разрабатываемых системах автоматизированного проектирования большое внимание отводится вопросам принятия оптимальных решений в интерактивном режиме, когда пользователь имеет возможность оперативно взаимодействовать с ЭВМ на любом этапе решения своей задачи. При этом в результате диалога «человек-машина» он может менять как число, так и тип варьируемых переменных, выбирать наиболее эффективный в сложившейся ситуации метод поиска, подстраивать численные параметры методов к конкретным особенностям оптимизируемой функции и т. д. Такой подход к решению задач оптимального проектирования позволяет осуществлять адаптацию методов поиска к особенностям и трудностям конкретной задачи, но для этого разработчик должен понимать, в каких случаях и какие методы оптимального проектирования необходимо применять для того или иного класса экстремальных задач, возникающих на разных этапах проектирования [3–8].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Оптимальное проектирование предполагает создание технического объекта, не только выполняющего заданные функции, но и отвечающие некоторым заранее установленным критериям качества.

Самый низкий уровень оптимального проектирования предполагает нахождение лучшего варианта конструкции, основанное на подборе нескольких, выполненных без использования вычислительной техники, математических моделей и соответствующих методов оптимизации вариантов.

При более высоком уровне задачи оптимального проектирования, сформулированные в виде математических моделей, решаются с применением соответствующих математических методов оптимизации и на базе ЭВМ. К высшему уровню относятся задачи оптимального проектирования, решаемые в рамках САПР.

САПР – организационно-техническая система, входящая в структуру проектной организации и осуществляющая проектирование при помощи комплекса средств автоматизированного проектирования (КСАП) [3].

В САПР задачи оптимизации могут решаться на всех этапах процесса проектирования. Так, на этапе эскизной проработки задача оптимального проектирования может состоять в определении рациональных значений необходимого числа основных параметров проекта, определяющих будущий облик технического объекта. На этапах технического и рабочего проектирования задачи оптимизации могут носить более глубокий характер, охватывающий вопросы определения оптимальных значений основных параметров как объекта в целом, так и отдельных узлов, и деталей.

В процессе разработки САПР проблема оптимального проектирования заключается в решении следующих основных вопросов:

- определение этапов процесса автоматизированного проектирования, сопровождаемых решением тех или иных задач оптимизации;
- построение математических моделей оптимизации и разработка машинных алгоритмов;
- создание или заимствование программного обеспечения решения задач оптимизации;
- разработка системы диалогового формирования и просмотра вариантов объекта проектирования с определением значений тех или иных показателей качества, а также формирования математических моделей и управления процессом решения соответствующих задач.

Совершенствование конструкции при проектировании обеспечивается ее оптимизацией по одному или нескольким критериям. Для различных механизмов критериями эффективности конструкции могут быть приняты: высокая надежность, минимальное межосевое расстояние или масса, габаритные размеры и стоимость, наибольший КПД, высокая точность и т.д. При этом часто критерии могут быть противоречивыми.

При оптимизации по одному критерию задача решается наиболее просто. Например, решение можно получить перебором различных вариантов конструкции и выбором наилучшего. Решение многокритериальных задач более сложно. Многокритериальная оптимизация используется, когда одного критерия для оценки качества недостаточно.

В условиях развития САПР формализация процесса автоматизированного поиска технических решений и оптимизация параметров машиностроительных узлов вызывает значительные трудности и требует применение специальных эвристических методов принятия решений, численных методов оптимизации и больших ресурсов по времени и мощности ЭВМ.

Из изложенного следует, что конструирование – многовариантно. Его можно разделить на следующие проектные решения:

- Оптимальное проектное решение – описание объекта, наилучшим образом выполняющего требуемые функции или проектное решение, наилучшим образом отвечающее требованиям ТЗ. Оптимальным в общем случае следует считать вариант, который обеспечивает нужные показатели работы при минимальных затратах.
- Эффективное проектное решение – описание объекта, принципиально выполняющего требуемые функции или проектное решение, принципиально отвечающее требованиям ТЗ.

Существуют следующие проектные операции.

Синтез – конкретизация облика или параметров проектируемого объекта; определение состава и взаимосвязей элементов объекта или конкретизация технических решений, определяющих вариант проекта.

Моделирование или создание модели объекта проектирования – создание абстрактной (математической, графической, текстовой) или физической (макетный, опытный, серийный образец) модели объекта.

Анализ – исследование свойств синтезированного варианта проекта с применением абстрактных и (или) физических моделей или исследование объект проектирования с использованием моделей.

Принятие проектного решения – выбор варианта проекта из имеющихся альтернативных вариантов по результатам анализа или выбор варианта проекта с учётом требований ТЗ на основе результатов анализа.

Термин «принятие проектного решения» имеет и другой смысл: часто под ним понимают общий процесс определения множества вариантов проекта, задания принципа оптимальности и выбор лучшего варианта.

Моделирование или создание модели объекта проектирования является проектной операцией, связанной с каждой из двух других проектных операций: синтезом и анализом. Поэтому далее моделирование или создание модели объекта будет рассмотрено подробно.

Процесс получения проектного решения имеет явно выраженный итерационный характер, иллюстрируемый блок-схемой на рисунке 1.

Обратная связь в блок-схеме начинает работать, если ранее синтезированный вариант проекта даёт неудовлетворительные результаты, то есть не отвечает поставленным требованиям, а также, если необходимо получить вариант проекта, имеющий лучшие показатели. В последнем случае нужно получить несколько допустимых вариантов проекта, то есть вариантов, для которых выполняются ограничения, и выбрать среди них лучший. Для выбора требуется знать или сформулировать правило сравнительной оценки вариантов или критерий оптимальности [2].

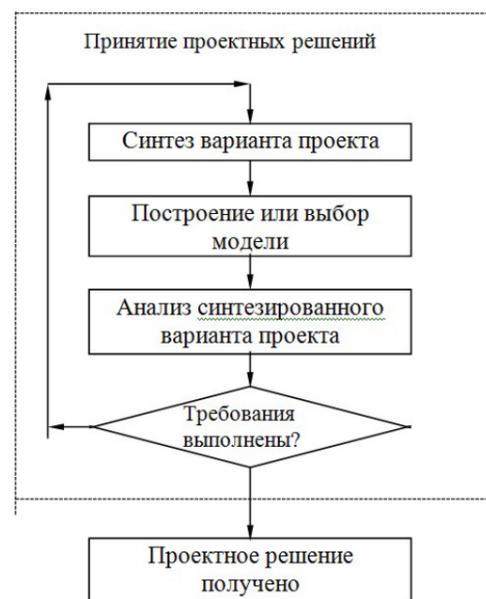


Рисунок 1 – Итерационный процесс получения проектного решения

Анализ задач, подходов и технических средств их решения позволяют выделить три этапа развития автоматизации проектирования технологии.

Первый этап характеризуется решением отдельных задач конструкторско-технологического проектирования: разрабатываются отдельные формализованные языки описания конструкции и технологии; решаются задачи описания графического изображения чертежей и ввода их в ЭВМ, преобразования чертежей в текстовое описание на алгоритмических языках; построения сечений машиностроительных деталей с помощью ЭВМ, вычисления площадей и объемов; минимизации исходной геометрической информации.

Для второго этапа характерно решение групп задач проектирования. Программные комплексы объединяют ряд систем проектирования технологических процессов механической обработки, оснастки и т. п. Посредством этих комплексов решаются задачи проектирования для отдельных типов деталей относительно простой конфигурации.

На третьем этапе ведутся работы по созданию интегрированных систем проектирования технологии. Системы такого рода являются комплексными; в них входят системы различного технологического назначения, обеспечивающие работу различных технологических служб [9].

Создаваемые организационно-технические системы, ориентированные на комплексную автоматизацию проектных работ в сфере технологической подготовки производства на различных предприятиях, могут существенно отличаться друг от друга и в первую очередь по уровню автоматизации. При этом выделяют три уровня автоматизации, связанных с созданием и использованием САПР технологических процессов (ТП) [10–11].

ВЫВОДЫ

В этой статье представлены исследования автоматизированных проектных решений.

В результате исследований, был произведен сравнительный анализ возможностей и ограничений САПР, выявлены характерные особенности проблемной области проектирования. Показана возможность применения стандартных решений задач оптимизации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Муканов, Р., Быков, П. О.** Проблемы подготовки специалистов в области систем автоматизированного проектирования // Наука и техника Казахстана. – 2005. – № 4. – С. 107–111.

2 <https://all4study.ru/proektirovanie/osnovnye-ponyatiya-proektirovaniya-osnovnye-proektnye-operacii-i-ix-vzaimosvyazi-stadii-i-etapy-proektirovaniya.html>.

3 ГОСТ 23501.101-87. «Системы автоматизированного проектирования. Основные положения» (с Изменением N 1), п. 1.1.

4 **Kasenov, A. Zh., Zhanbulatova, L. D., Aidarkhanov, D. A.** Applications in engineering // Наука и техника Казахстана. – 2016. – № 3–4. – С. 75–81

5 **Мак-Гоуэн, К., Марка, Д.** Методология структурного анализа и проектирования. – М. : «Метатехнология», 1993. – 240 с.

6 **Вылегжанина, А. О.** Информационно-технологическое и программное обеспечение управления проектом : Учебное пособие.

7 ГОСТ 34.003–90. «Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Термины и определения»

8 РД 250–680–88. «Методические указания. Автоматизированные системы. Основные положения».

9 ГОСТ 23501.108–85. «Системы автоматизированного проектирования. Классификация и обозначение».

10 **Норенков, И. П.** Основы автоматизированного проектирования: учеб. для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Изд-во МГТУ имени Н. Э. Баумана, 2009. – 430 с. – ISBN 978–5–7038–3275–2.

11. **Аверченков, В. И., Казаков, Ю. М.** Автоматизация проектных технологических процессов : Учебное пособие. – С. 6.

Материал поступил в редакцию 21.09.18.

Туллубаева Әсем Нұрболатқызы

магистрант, «Өнеркәсіптік, азаматтық және көлік құрылысы» кафедрасы, Сәулет-құрылыс факультеті, С.Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: asema_tuleubaeva@mail.ru. Материал баспаға 21.09.18 түсті.

Оңтайлы құрылымдық шешімдерді қабылдау үшін жобалаудың автоматтандырылған әдістерін қолдану

Мақалада зерттелетін тақырып бойынша жаңа материалдар жинақталған. Жобалауды автоматтандыру проблемаларына қатысты негізгі кезеңдерді қарастырамыз, компьютерлік дизайнның оңтайлы дизайн жасау мәселелерін шешудің негізгі мәселелерін шешеміз. Автор автоматтандырылған жобалау жүйесінің оңтайлы дизайн жасаудың негізгі мәселелерін шешуге басты назар аударады. Конструкторлық операциялар сипаттамалары анықталды және сипатталды: синтездеу және талдау. Бұл мақала «жобалық шешім қабылдау» терминінің негізгі себептерін анықтауға тырысады. Модельдеу немесе дизайн нысанының үлгісін жасау - бұл екі басқа дизайнгерлік операциялардың әрқайсысымен байланысты жобалау жұмысы: синтездеу және талдау. Сондықтан объектіні одан әрі модельдеу немесе модельді құру егжей-тегжейлі қарастырылады. Оларды шешуге арналған міндеттерді, тәсілдерді және техникалық құралдарды талдау автоматтандырудың технологиялық дизайнның дамытудың үш кезеңін ажыратуға мүмкіндік береді.

Кілтті сөздер: автоматтандыру, дизайн, оңтайландыру, дизайн шешімдері, синтез, талдау, CAD – компьютерлік дизайн, модельдеу.

Tuleubaeva Assem Nurbolatovna

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

Material received on 21.09.18.

Application of automotive design methods for making optimal construction solutions

The article summarizes the new material on the topic under study. We consider the key stages relating to the problems of design automation, solving the main issues of developing problems of optimal design computer-aided design. The author focuses the main attention on the solution of the main issues of the optimal design development of the computer-aided design system. Characteristic features of project operations are distinguished and described: synthesis and analysis. This article attempts to uncover the main reasons for the term «project decision making». Modeling or creating a design object model is a design operation associated with each of two other design operations: synthesis and analysis. Therefore, further modeling or creating a model of the object will be considered in detail. The analysis of tasks, approaches and technical means to solve them allows us to distinguish three stages in the development of automation technology design.

Keywords: automation, design, optimization, design solutions, synthesis, analysis, CAD – computer aided design, modeling.

Секлетина Лариса Станиславовна

доцент, кафедра «Колёсных и гусеничных машин»,
Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова,
г. Чебоксары, 428015, Российская Федерация,
e-mail: arsek@list.ru.

Медведева Ольга Ивановна

к.т.н., доцент, зав. кафедрой «Физики», Братский государственный университет,
г. Братск, 665709, Российская Федерация,
e-mail: m.olgaiv@yandex.ru.

Гартфельдер Виктор Адольфович

к.т.н., профессор, декан Машиностроительного факультета
Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова,
г. Чебоксары, 428015, Российская Федерация,
e-mail: harvik@list.ru.

Янюшкин Андрей Романович

студент, специальность «Конструкторско-технологическое
обеспечение машиностроительных производств»,
Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова,
г. Чебоксары, 428015, Российская Федерация,
e-mail: yanyushkinas@mail.ru.

**ФОРМИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ПЛЕНОК ПРИ ШЛИФОВАНИИ
ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ КРУГАМИ НА ТОКОПРОВОДЯЩИХ СВЯЗКАХ**

Обозначен круг проблем при обработке изделий из высокопрочных твёрдых сплавов с применением абразивных материалов. Отмечены перспективы использования алмазных кругов на металлической связке и необходимость совершенствования существующих комбинированных технологий для повышения качественных и эксплуатационных характеристик готовой продукции. Проведён ряд экспериментальных исследований методов комбинированной алмазной обработки для выявления основных направлений, повышения эффективности применения алмазного инструмента на металлической связке. Установлено, что использование комбинированных методов обработки твёрдосплавных материалов алмазными кругами на металлической связке, позволяет предотвратить образование засаленного слоя за счёт формирования защитной плёнки в результате электрохимических процессов, тем самым повысить рентабельность алмазного инструмента.

Ключевые слова: алмазное шлифование, твёрдые сплавы, засаливание, комбинированная обработка.

ВВЕДЕНИЕ

Формообразование изделий из высокопрочных твёрдых сплавов чаще всего выполняется с применением абразивного инструмента, поскольку данный метод позволяет достигнуть необходимых качественных показателей при относительно невысокой трудоёмкости. Однако при финишной обработке возникает целый ряд проблем, связанных с обеспечением постоянства профиля шлифовального круга, снижением удельного расхода, предотвращения возникающих прижогов,

микротрещин и других дефектов, особенно при использовании широко распространённых абразивных кругов. В связи с этим, наиболее рационально применять для обработки твёрдых сплавов алмазные шлифовальные круги на металлической связке, обладающие рядом преимуществ в сравнении с другими абразивными материалами [1–7]. Но, одним из главных недостатков таких инструментов является склонность к засаливанию и, как следствие, снижение режущей способности [8, 9].

Засаливание является результатом адгезионного взаимодействия связки круга материалом обрабатываемой детали, при этом на поверхности круга образуется слой из продуктов шлифования, который скрывает алмазные зерна, что в совокупности приводит к увеличению температуры в зоне шлифования, фазовым превращениям в поверхностном слое обрабатываемого материала и снижению качества обработки [10–12].

В связи с этим для восстановления режущей способности в процесс обработки требуется периодическая или постоянная правка алмазных кругов. Существуют различные методы правки, среди которых следует выделить электрохимический, как наиболее эффективный для алмазных кругов на металлических связках [14–16].

Применение комбинированных методов также способствует повышению эффективности обработки, но при этом возникает необходимость в дополнительных исследованиях для разработки рекомендаций по технологическим режимам, обеспечивающим требуемые параметры качества и производительности [17, 18].

Данная работа посвящена исследованиям формирования плёнок на поверхности алмазных кругов с металлической связкой при комбинированном алмазном шлифовании с одновременной непрерывной электрохимической правкой.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования выполнены на специально разработанном лабораторном стенде на базе плоскошлифовального станка 3E711, позволяющего реализовать метод комбинированного электроалмазного шлифования с одновременной непрерывной правкой круга.

Шлифование проводилось с использованием алмазных кругов на металлической связке MO13, в качестве обрабатываемого материала выбраны однокарбидные и двухкарбидные твёрдосплавные пластины.

Состояние поверхности алмазного круга оценивалось по образцам, вырезанным после серии опытов в соответствии с планом эксперимента, методами электронной и растровой микроскопии, а также спектрального анализа.

На первом этапе подготовлены образцы поверхности алмазного круга в стадии поставки завода-изготовителя, в результате анализа которых было установлено, что большинство зёрен скрыты связкой, следовательно, изначально для обеспечения работоспособности круга требуется его правка.

Далее круг подвергался кратковременной электрохимической правке. В результате выявлено, что круг приобрёл развитую структуру с явно выраженными

порами вокруг зёрен для последующего размещения в них продуктов шлифования, электролита и т.д. При этом на большинстве зёрен обнаружен слой вещества, сформировавшегося в процессе электрохимических реакций, протекающих между связкой круга и правящим катодом в среде электролита. Образовавшаяся на алмазном зерне плёнка, в последующем будет определять интенсивность процессов взаимодействия зерна с обрабатываемым материалом, поскольку, как отмечалось выше, для алмазных кругов характерно засаливание рабочей поверхности в результате адгезионного взаимодействия. То есть в местах выхода вакансий или дислокаций на поверхность образуются активационные центры, с которых и начинается процесс схватывания частиц обрабатываемого материала с поверхностью круга.

На следующем этапе проведена серия экспериментов по обработке твёрдосплавных пластин методом алмазного шлифования с одновременной непрерывной электрохимической правкой круга. Анализ образцов поверхности круга показал, что алмазные зерна и связка покрыты плёнкой, и лишь в отдельных локальных точках наблюдаются очаги образования засаленного слоя.

В наибольшей степени этому условию может удовлетворять оксидная плёнка одного или нескольких элементов, слагающих связку шлифовального круга. В нашем случае – это может быть плёнка Al_2O_3 . Известно, что оксид алюминия обладает высокой прочностью, вместе с тем он мало активен (пассивен) по отношению к адгезии, адсорбции, слипанию с другими химическими элементами, контактирующими веществами.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для подтверждения выполнены расчёты по формуле предложенной проф. А. С. Янюшкиным и В. С. Шоркиным [14]. Согласно предложенной ими теории для оценки и решения проблемы засаливания предлагается рассмотреть следующую **модель контактного взаимодействия инструментального и обрабатываемого материалов в процессе шлифования**. Суть её заключается в сравнении энергии адгезии (F_a) контактного взаимодействия в зоне шлифования с поверхностной энергией контактирующих тел (W_p), в нашем случае инструментального (A) и обрабатываемого (B). При этом считается, что если энергия адгезии больше или равна поверхностной энергии ($F_a \geq W_p$), то контактирующие тела находятся в состоянии адгезии, если $F_a \leq W_p$ адгезия отсутствует.

Для системы инструментального и обрабатываемого материалов допускается, что формула поверхностной энергии имеет вид:

$$W_p^{(A,B)} = W_p^{(A)} + W_p^{(B)},$$

Под действием системы сил $F^{(A)}$ и $F^{(B)}$, приложенных к A и B появляется прочная связь, в результате которой внутренняя энергия может быть представлена суммой поверхностной энергии контактирующих тел:

$$W_p^{(A,B)} = \int_{-h_1}^0 w_A(x)dx + \int_0^{h_2} w_B(x)dx,$$

где x – координата, отсчитываемая от плоскости контакта в направлении, перпендикулярном к ней;

w_A – плотность потенциала инструментального материала до вступления в адгезионный контакт;

w_B – плотность обрабатываемого материала до вступления в адгезионный контакт.

В конечном виде для результатов вычислений может использоваться выражение:

$$F_a = 8 \frac{E^{(1)}E^{(2)} \left(\frac{\nu^{(1)}}{1-\nu^{(1)}} + \frac{\nu^{(2)}}{1-\nu^{(2)}} \right)^2}{E^{(1)} \left(\frac{\nu^{(2)}}{1-\nu^{(2)}} \right)^2 + E^{(2)} \left(\frac{\nu^{(1)}}{1-\nu^{(1)}} \right)^2} \left(1 - \frac{i}{i_0} \left(1 - \frac{N_{\text{э}\phi_{\text{min}}}}{N_{\text{э}\phi_{\text{max}}}} \right) \right) \cdot 10^{-12}$$

Сделаем оценку степени слипаемости (адгезии) оксида алюминия Al_2O_3 с элементами твёрдосплавного режущего инструмента. При этом учтём, что окись алюминия имеет несколько модификаций. В расчётах рассматриваются две из них γ -фаза и α -фаза. Промежуточные фазы не рассматриваются.

Механические свойства модуля упругости (E) и коэффициента Пуассона (ν), используемых фаз окиси алюминия, взяты из [19, 20]:

$\gamma - Al_2O_3$	$\nu = 0,265;$	$E = 1,32 \cdot 10^{11}, \text{ Н/м}^2;$
$\alpha - Al_2O_3$	$\nu = 0,42;$	$E = 4 \cdot 10^{11}, \text{ Н/м}^2.$

Результаты расчётов энергии адгезии представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения энергии адгезии оксидов с металлами, составляющими элементами твёрдого сплава

Элемент	W		Co		Ti	
	$2W_p = 6,00$		$2W_p = 3,29$		$2W_p = 1,76$	
Фаза	$i_{np} = 0$	$i_{np} \geq i_0$	$i_{np} = 0$	$i_{np} \geq i_0$	$i_{np} = 0$	$i_{np} \geq i_0$
$\gamma - Al_2O_3$	3,38	2,4	2,68	1,92	1,82	1,30
$2W = 2,11$	+	+	+	–	–	–

$\alpha - Al_2O_3$	5,90	4,2	4,79	3,42	3,37	2,41
$2W = 6,4$	—	—	—	—	—	—

(Знак «+» означает возможность фиксации соответствующего элемента обрабатываемого инструмента на рентгенограмме поверхности круга;

Знак «—» означает отсутствие фиксации, а значит и наличие окисной пленки на поверхности алмазного круга).

Анализируя результаты вычислений можно заключить, что $\gamma - Al_2O_3$ имеет значение энергии разрушения $2Wp = 2,11$ Дж/м² в трёх из рассмотренных случаев меньше, чем энергия адгезии с соответствующими элементами W, Ti, и Co. Это означает, что в случае прилипания к плёнке $\gamma - Al_2O_3$ частицы, содержащей эти элементы, при её последующем отрыве будут отрываться вместе с частицами плёнки, разрушая её. Если же отрыва происходить не будет, то частица – стружка прилипнет к плёнке. При многократном повторении ситуации произойдёт засаливание круга. Таким образом, плёнка $\gamma - Al_2O_3$ не защитит круг от засаливания.

Рентгеновский анализ показывает постепенное искажение $\gamma - Al_2O_3$. В интервале температур 800...1000 К в результате перестройки решетки $\gamma - Al_2O_3$ происходит появление новых твердых фаз, образование которых начинается с поверхности. Промежуточные формы Al_2O_3 : κ , θ , δ , а также корунд ($\alpha - Al_2O_3$) были обнаружены рентгеновским способом при более высоких температурах 1100...1200 К [21].

Для $\alpha - Al_2O_3$ результаты иные. Энергия адгезии со всеми элементами меньше, чем энергия разрушения материала плёнки. Следовательно, засаливания поверхности шлифовального круга, защищённой плёнкой из $\alpha - Al_2O_3$ не будет (рисунок 1).

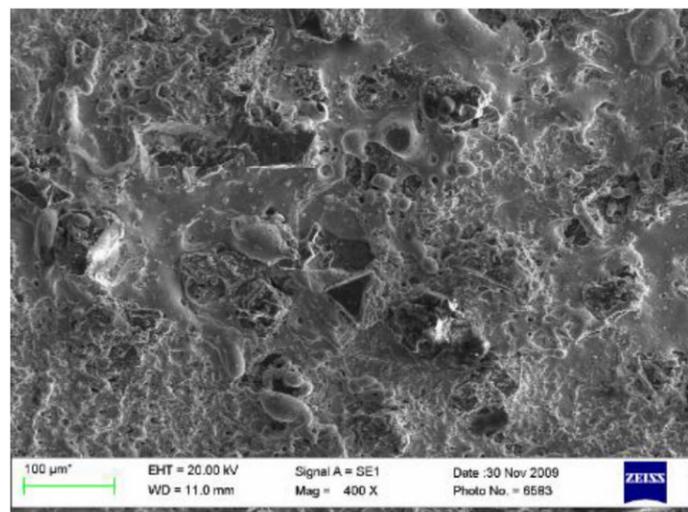


Рисунок 1 – Поверхность алмазного круга, покрытая окисной плёнкой

Однако обращает на себя внимание то обстоятельство, что в первом случае энергия адгезии совпадает с энергией разрушения материала вольфрама, а в случаях с кобальтом, титаном она превышает энергию их разрушения. Это означает, что при обработке инструмента будет происходить не только срезание стружки алмазными зёрнами круга, но и вырывы мелких частиц материала инструмента, что приведёт к пористости и повышенной шероховатости его поверхности. Таким образом, наличие пассивирующей плёнки на поверхности шлифовального круга защищает в определённой степени круг, но не гарантирует качественной обработки режущего инструмента из-за возможного налипания на него отходов процесса резания, остатков пленки $\alpha - Al_2O_3$, которые могут быть оторваны от круга механическим способом.

Ввиду полученного результата имеет смысл анализ ситуации, в которой одновременно с защитой поверхности круга пленкой Al_2O_3 осуществляется защита поверхности обрабатываемого инструмента [22–24]. Так как эта поверхность непрерывно разрушается за счёт её шлифования, то соответствующая плёнка должна непрерывно восстанавливаться на вновь образованных участках обработанной поверхности. Таким свойством в соответствующей среде может обладать плёнка окиси одного из элементов, входящих в состав твёрдого сплава, из которого изготовлен обрабатываемый инструмент, например, WO_2 и TiO_2 или их сочетания.

Рассмотрим вопрос о пассивирующих плёнках с физико-химической точки зрения, изложенной в работе [21].

При образовании нового участка поверхности произвольного тела происходит разрыв химических связей. При этом тело находится в среде определённого состава. На разорванные связи, замыкая их, оседают частицы этой среды. Хемосорбция на атомарно чистой поверхности приводит к насыщению разорванных на поверхности химических связей. Происходит восстановление нормальной гибридизации орбиталей поверхностных атомов благодаря их связи с хемосорбированными атомами.

Окисление поверхности и последующая гидратация поверхностных окислов приводит к пассивации поверхности – поверхность становится пассивной по отношению к взаимодействию с другими молекулами, атомами, их группами. Все окислы содержат в своём составе структурную воду. Вода может входить в решётку окисла как в виде ОН-групп, так и в виде молекул. Также хорошо известно, что окислы при прокаливании до достаточно высоких температур выделяют небольшое количество структурной воды. Эта вода в большинстве случаев имеет поверхностное происхождение. (При контакте с атмосферной или другой водой свежая поверхность окисла гидратируется, разорванные химические связи насыщаются за счёт ОН-групп).

Таким образом, с повышением температуры в Al_2O_3 происходит перестройка решётки, что отражается на механических и адгезионных свойствах. Кроме того, пассивирующая плёнка окисла вода, гидроксильные группы удаляются с её поверхности, освобождая ранее заполненные связи, делая поверхность более

активной по отношению к возможному оседанию на неё элементов, способных заместить в данных условиях воду, в частности элементов ряда W, Co, Ti или их соединений.

Наши эксперименты по определению температуры в зоне резания показали, что она имеет значение, соответствующее практически полному удалению воды из плёнки окиси алюминия, которая вся находится в α -модификации. Следовательно, во-первых, налипание на защитную плёнку не исключается (что лежит в основе выполненных выше расчётов), во-вторых, в случае отсутствия пассивирующей плёнки на поверхности обрабатываемого инструмента существует гарантия того, что за счёт сил трения, развивающихся при поджатии шлифовального круга к инструменту, налипающие частицы будут удаляться с плёнки не нарушая её целостности (корунд обладает высокой прочностью, расчёт показал, что она больше энергии адгезии взаимодействующих в данном случае материалов).

Анализ этого взаимодействия на основе приведённых выше расчётов, сделанного обзора свойств окисных плёнок, экспериментов по шлифованию режущего инструмента в среде, способствующей быстрому образованию обоих типов пассивирующих плёнок, показали, что их использование улучшает характеристики процесса и результаты шлифования, но не в достаточной степени.

Спектральным анализом установлена невысокая концентрация элементов обрабатываемого материала на поверхности круга в сравнении с элементами связки, это указывает на недостаточную интенсивность электрохимической правки, но при этом, сформировавшиеся плёнки являются защитным слоем, препятствующим дальнейшему развитию засаливания.

На заключительном этапе выполнен анализ образцов поверхности круга, после комбинированного электроалмазного шлифования с одновременной непрерывной электрохимической правкой круга, который позволил установить наличие развитой структуры с работоспособными, изношенными и мало изношенными зёрнами, что свидетельствует о постоянном обновлении поверхности, т.е. работы круга в режиме самозатачивания.

ВЫВОДЫ

Анализируя состояние поверхности круга при комбинированном электроалмазном шлифовании с одновременной непрерывной электрохимической правкой круга, следует отметить отсутствие очагов образования засаливания, поскольку при химическом анализе выявлены только элементы связки и углерод. Также вся поверхность круга и алмазные зерна покрыты сформировавшейся в результате электрохимических процессов плёнкой, которая препятствует адгезионным взаимодействиям частиц обрабатываемого материала и связки круга, при этом химический состав образованной плёнки близок по составу связки с оксидными включениями.

Проведённые исследования позволили установить, что использование комбинированных методов обработки твёрдосплавных материалов алмазными кругами на металлической связке, позволяет предотвратить образование

засаленного слоя за счёт формирования защитной плёнки в результате электрохимических процессов, тем самым повысить работоспособность алмазного инструмента.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Arkhipov, P. V., Lobanov, D. V., Rychkov, D. A., Yanyushkin, A. S.** Determination of high-strength materials diamond grinding rational modes // *Materials Science and Engineering 327* (2018) 042009. – doi:10.1088/1757-899X/327/4/042009.
- 2 **Васильев, Е. В., Попов, А. Ю., Реченко, Д. С.** Алмазное шлифование твёрдосплавных пластин // *Вестник машиностроения*. – 2012. – Т. 32. – № 11–12. С. – 730–732.
- 3 **Yanyushkin, A. S.** Mechanism of protective membrane formation on the surface of metal-bonded diamond disks / A. S. Yanyushkin, O. I Medvedeva, N. A. Saprykina // *Applied Mechanics and Materials*. – Switzerland. – 2014. – Vol. 682. – P. 327–331. – doi:10.4028/www.scientific.net / AMM. 682.327.
- 4 **Васильев, Е. В., Попов, А. Ю., Реченко, Д. С.** Алмазное шлифование твёрдосплавных пластин // *СТИН*. – 2012. – № 5. – С. 7–10.
- 5 **Lobanov, D. V., Arkhipov, P. V., Yanyushkin, A. S., Skeebe V. Yu.,** The Research into the Effect of conditions of combined Electric Powered Diamond Processing on Cutting Power // *Key Engineering Materials*. – 2017. – Vol. 142. – P. 942–947. – doi: 10.4028/www.scientific.net/KEM.736.81.
- 6 **Yanyushkin, A., Lobanov, D., Muliukhin, N. V.** The lines of the approach to the problems of shaping the cutting tool for processing nonmetallic composites // *Obrabotka metallov (tekhnologiya, oborudovanie, instrumenty) = Metal Working and Material Science*. – 2018. – Vol. 20. – No 3. – P. 36–46. – doi: 10.17212/1994–6309–2018–20.3–36–46.
- 7 **Зубарев, Ю. М., Кремень, З. И., Ермаков, Ю. М., Степанов, Ю. С.** Современные конкурентоспособные технологии абразивно-алмазной обработки заготовок // *Справочник. Инженерный журнал с приложением*. – 2011. – № 5. С. 39–42.
- 8 **Янюшкин, А. С., Архипов, П. В.** Атомно-молекулярные процессы в зоне алмазного круга и обрабатываемого материала. // *Технология металлов*. – 2010. № 1. – С. 25–33.
- 9 **Rychkov, D. A., Yanyushkin, A. S., Lobanov, D. V., Arkhipov, P. V.** Method for automation of tool preproduction // *Materials Science and Engineering 327* (2018) 022089. – doi:10.1088/1757-899X/327/2/022089.
- 10 **Popov, V. Y., Yanyushkin, A. S.** Adhesion-Diffusion Interaction of Contact Surfaces with the Treatment Diamond Grinding Wheels // *Eastern European Scientific Journal* – 2014 – No. 2. – P. 301–310. – doi: 10.12851/EESJ201404ART46
- 11 **Yanyushkin, A. S., Lobanov, D. V., Skeebe, V. Yu., Gartfelder, V. A., Sekletina, L. S.** Enhancing the effectiveness of the diamond metal bond instrument when grinding high-strength materials // *Obrabotka metallov (tekhnologiya, oborudovanie,*

instrumenty) = Metal Working and Material Science. – 2017. – No. 3 (76). – P. 1727. – doi: 10.17212/1994-6309-2017-3-17-27. (in Russian).

12 **Lobanov, D. V., Yanyushkin, A. S., Rychkov, D. A., Petrov, N. P.** Optimal organization of tools for machining composites // Russian Engineering Research. – 2011. – Т. 31. – № 2. – С. 156–157. – ISSN 1068–798X.

13 **Yanyushkin, A., Lobanov, D., Arkhipov, P., Ivancivsky, V.** Contact processes in grinding // Applied Mechanics and Materials. – 2015. – Т. 788. – P. 17–21. doi : 10.1088/1757-899X/91/1/012051.

14 **Янюшкин, А. С., Шоркин, В. С.** Контактные процессы при электроалмазном шлифовании. – М. : Машиностроение-1, 2004. – 230 с.

15 **Носенко, В. А.** Влияние контактных процессов на износ круга при шлифовании // Инструмент и технологии. – 2004. – № 17–18. – С. 162–167.

16 **Yanyushkin, A. S., Lobanov, D. V., Arkhipov, P. V.** Research of influence of electric conditions of the combined electro-diamond machining on quality of grinding of hard alloys // IOP Conf. Series : Materials Science and Engineering. – 2015. – Vol. – 91. – P. 1–6. – doi : org/10.1051/mateconf/201822403002.

17 **Янюшкин, А. С., Медведева, О. И., Янюшкин, С. А., Попов, В. Ю.** Физикохимическое взаимодействие инструментального и обрабатываемого материалов при комбинированном электрохимическом шлифовании // Труды Братского государственного университета. Серия : Естественные и инженерные науки. – 2012. – Т. 1. – С. 183–190.

18 **Гартфельдер, В. А.** Физико-технологические особенности процесса точения конструкционных материалов инструментами из СТМ. Автореферат дис. ... канд. тех. наук / Куйбышев, 1990.

19 Физические величины : Справочник / А. П. Бабичев, Н. А. Бабушкина, А. М. Братковский и др.; Под ред. И. С. Григорьева, Е. З. Мейлихова. – М. : Энергоатомиздат, 1991. – 1232 с. – ISBN 5-283-04013-5.

20 **Рындин, В. В.** Взаимосвязь физических величин // Наука и техника Казахстана. – 2017. – № 3–4. – С. 63–71

21 **Киселев, В. Ф.** Поверхностные явления в полупроводниках и диэлектриках. – М. : Наука, 1970. – 310 с. : ил.

22 **Янюшкин, А. С., Медведева, О. И., Архипов, П. В., Попов, В. Ю.** Механизм образования защитных плёнок на алмазных кругах с металлической связкой // Системы. Методы. Технологии. – 2010. – № 1 (5). – С. 132–138.

23 **Popov, V. Y., Yanyushkin, A. S., Zamashchikov, Y. I.** Diffusion Phenomena in the Combined Electric Diamond Grinding // Applied Mechanics and Materials. – 2015. – Vol. 799–800. – P. 291–298. – doi : 10.4028/www.scientific.net/AMM.799-800.291.

24 **Lobanov, D. V., Arhipov, P. V., Yanyushkin, A. S., Skeebe, V. Y.** Physical-chemical processes of diamond grinding. // IOP Conference Series : Earth and Environmental Science. – 2017. – Vol. 87 // Mechanical engineering. – 87 (8). – 082029. – doi : 10.1088/1755-1315/87/8/082029.

Материал поступил в редакцию 21.09.18.

Секлетина Лариса Станиславовна

доцент, «Донғалақты және шынжыр табанды машиналар» кафедрасы, И. Н. Ульянов атындағы Чуваш мемлекеттік университеті, Чебоксар қ., 428015, Ресей Федерациясы, e-mail: larsek@list.ru;

Медведева Ольга Ивановна

т.ғ.к., доцент, «Физика» кафедрасының меңгерушісі, Братск мемлекеттік университеті, Братск қ., 665709, Ресей Федерациясы, e-mail: m.olgaiv@yandex.ru;

Гартфельдер Виктор Адольфович

т.ғ.к., профессор, Машина жасау факультетінің деканы, И. Н. Ульянов атындағы Чуваш мемлекеттік университеті, Чебоксар қ., 428015, Ресей Федерациясы, e-mail: harvik@list.ru;

Янюшкин Андрей Романович

студент, «Машина жасау өндірістерін конструкторлық-технологиялық қамтамасыздандыру» мамандығы, И. Н. Ульянов атындағы Чуваш мемлекеттік университеті, Чебоксар қ., 428015, Ресей Федерациясы, e-mail: yanyushkinas@mail.ru. Материал баспаға 21.09.18 түсті.

Ток өткізгіш байланыстары бар шеңберлермен қатты қортпаларды ажарлау кезінде бет үстіндегі қабықшаларды қалыптастыру

Абразивтік материалдарды қолдана отырып, беріктігі жоғары қатты қорытпалардан жасалған бұйымдарды өңдеу кезіндегі мәселелер белгіленді. Металл байланыстары бар алмаз шеңберлерін пайдалану перспективалары және дайын өнімнің сапалық және пайдалану сипаттамаларын арттыру үшін қолданыстағы аралас технологияларын жетілдіру қажеттілігі атап өтілді. Металл байланыстары бар алмаз құралының қолдану тиімділігін арттырудың негізгі бағыттарын анықтау үшін аралас алмазбен өңдеу әдістерінің бірқатар тәжірибелік зерттеулері жүргізілді.

Металл байланыстары бар алмаз шеңберлерімен қатты қорытпа материалдарды өңдеудің аралас әдістерін пайдалану электрохимиялық үрдістер нәтижесінде қорғау қабықшасының қалыптасуы себебінен ластану қабатының пайда болмауына мүмкіндік беретіні анықталды. Сол арқылы алмаз құралының рентабельділігі арттырылады.

Кілтті сөздер: алмазбен ажарлау, қатты қортпалар, ластану, аралас өңдеу.

Sekletina Larisa Stanislavovna

associate professor, Department of «Wheel and Tracked Machines», I. N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, 428015, Russian Federation, e-mail: larsek@list.ru.

Medvedeva Olga Ivanovna

PhD, Associate Professor, Head of Department of «Physics»,
Bratsk State University,
Bratsk, 665709, Russian Federation,
e-mail: m.olgaiv@yandex.ru;

Gartfelder Viktor Adolfovich

PhD, Professor, Dean of the Engineering Faculty,
I. N. Ulyanov Chuvash State University,
Cheboksary, 428015, Russian Federation,
e-mail: harvik@list.ru;

Yanyushkin Andrey Romanovich

student, specialty «Design and Technological
Support of Machine-Building Production»,
I. N. Ulyanov Chuvash State University,
Cheboksary, 428015, Russian Federation,
e-mail: yanyushkinas@mail.ru.
Material received on 21.09.18.

Formation of surface films at grinding of hard alloys by wheels on current-conductive bindings

A range of problems in the processing of products made of highstrength hard alloys with the use of abrasive materials is indicated. Prospects for the use of diamond wheels on metal bonds and the need to improve existing combined technologies for improving the quality and performance characteristics of finished products are noted. A number of experimental studies of combined diamond processing methods to identify the main directions, and increase the efficiency of diamond tools on a metal bond. It is established that the use of combined methods of processing carbide materials by diamond wheels on a metal bond allows preventing the formation of a greasy layer by forming a protective film as a result of electrochemical processes, thereby increasing the profitability of the diamond tool.

Keywords: diamond grinding, hard alloys, greasy layer, combined processing.

ГРНТИ 53.01.91

Қасен Қазбек Қасенұлы

магистрант, кафедра «Металлургия»,
Факультет металлургии, машиностроения и транспорта,
Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: kezz@bk.ru;

Жунусов Абылай Каиртасович

к.т.н., ассоц. профессор (доцент), кафедра «Металлургия»,
Факультет металлургии, машиностроения и транспорта,
Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан,
e-mail: zhunusov_ab@mail.ru;

Жунусова Айгуль Кайргельдиновна

ст. преподаватель, кафедра «Металлургия»,
Факультет металлургии, машиностроения и транспорта,
Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан,
e-mail: zhunusova.aig@mail.ru

АНАЛИЗ СПОСОБОВ УТИЛИЗАЦИИ ОТРАБОТАННОЙ ФУТЕРОВКИ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ ПРОИЗВОДСТВА АЛЮМИНИЯ

В данной статье приводятся результаты литературного обзора по изучению проблемы переработки отработанных футеровок электролизеров. При современном состоянии технологии производства алюминия необходима технология переработки отработанной футеровки электролизера, внедрение которой не потребует больших инвестиций и улучшит экологические показатели промышленной деятельности электролизного завода на территории Павлодарской области.

Ключевые слова: электролизер, обожженные аноды, отходы, использование, применение.

ВВЕДЕНИЕ

Казахстан располагает большими запасами бокситов. Как известно, бокситы это сырье для получения глинозема. Однако до 2007 года глинозем производился в Казахстане и экспортировался в зарубежные страны. Со строительством Казахстанского электролизного завода (КЭЗ) ситуация изменилась в лучшую сторону, так как весь глинозем теперь перерабатывается на первичный алюминий в электролизерах.

Но на сегодняшний день существует масса проблем, связанных с комплектующими электролизеров и конечно самая основная проблема – аноды. АО «КЭЗ» при производительности 250 000 тонн алюминия в год потребляет около 135 000 тонн обожженных анодов, для производства которых требуется 150 000 тонн «зеленых» анодов [1, 2].

В 2014 году на базе предприятия был запущен цех по производству электродов, благодаря бесперебойной работе которого завод самостоятельно обеспечивает

себя анодами. С запуском на АО «Казахстанский электролизный завод» цеха по производству электродов в г. Павлодаре образован металлургический кластер с полным циклом производства: добыча бокситов, производство глинозёма и первичного алюминия.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Производство первичного алюминия основано на использовании самообжигающихся анодов, эта проблема касается практически всех стран. По данным [3–5] за рубежом используют данную технологию всего 26 %, в России 65 %.

Одним из главных недостатков алюминиевой промышленности является образование больших объемов газообразных и твердых отходов, содержащих вредные вещества и оказывающих вредное влияние на окружающую среду при их складировании на шламовых полях [6–8].

Алюминиевые заводы зарубежных стран практически все оснащены электролизерами с предварительно обожженными анодами (ОА), позволяющие достичь более высоких технологических показателей (меньший расход электроэнергии, возможность повышения единичной мощности, стабильность процесса электролиза и др.); также при этом обеспечиваются лучшие показатели по экологической безопасности производства [9].

Анализируя образование твердых отходов алюминиевого производства, в частности, отработанная футеровка электролизеров. Для снижения отрицательного воздействия производственной деятельности КЭЗ на экологию, важное значение имеют вопросы организации переработки отходов производства. Для решения данной проблемы, необходимо изучение характеристик образующихся отходов и обобщения информации о предложенных способах переработки, утилизации и возможного повторного использования отработанной футеровки электролизеров в алюминиевой промышленности.

За последнее десятилетие в зарубежных странах-производителях алюминия (Китай, Франция, Норвегия, США) в связи с переходом на использование сверхмощных электролизеров с применением обожженных анодов срок службы ванн возрос более чем в 2 раза и достиг 2500–3500 суток, что привело к резкому сокращению количества отходов футеровки. Применение «сухой» газоочистки сократило потребность в криолите, сделало невыгодным его извлечение из отходов футеровки и поэтому снизило внимание исследователей к этой важной проблеме [10]. По тем же данным [10] в настоящее время только в США запасы переработанных обожженных анодов превышают 2 млн. т и увеличиваются на 20 тыс. т ежегодно.

Во Франции и США исследователями предлагается обезвреживание отработанных футеровок электролизеров, включающее ее размол в каустическом растворе и переработку на безвредный продукт. Обезвреженный остаток после переработки отфильтровывают и складывают как отход с пониженным классом опасности [11].

Авторами работы [12] предлагается переработка отработанных футеровок электролизеров в печах кипящего слоя, что позволяет перевести ее в более

безопасный по отношению к окружающей среде продукт. Около 99 % цианидов разлагаются водяным паром при температуре свыше 400 °С с образованием аммиака, а фториды нейтрализуются серной кислотой с последующим обезвреживанием растворов гидроксидом и карбонатом кальция (с получением CaF₂).

Способ российских учёных [13] позволяет вернуть в производство соединения в виде вторичного регенерационного криолита высокого качества и включает высокотемпературный обжиг в реакторе твёрдых фторуглеродсодержащих отходов при подаче анодных газов, содержащих серу, электролитического производства алюминия из системы газоочистки, в качестве кислородсодержащего газа. Достоинством данного способа является повышение эффективности работы электрофильтров, сокращение выбросов в атмосферу вредных веществ, дополнительный возврат в производство соединений в виде вторичного регенерационного криолита высокого качества.

В данной работе нами проведены лабораторные испытания технологии выплавки стали с применением дроблённых отработанных анодов алюминиевых электролизеров. Пробы были отобраны на КЭЗ. Отходы анодов вводили в состав железорудных брикетов, в качестве заменителя традиционного восстановителя в количестве 10–15 %.

В процессе исследований брикеты применяли при производстве стали в индукционной печи типа ИП-0,005. Брикеты загружали в «болото», предварительно расплавленного металлического лома. Расплавление металлошихты производили в режиме штатной технологии. Марочный сортамент, где использовались брикеты, химический состав в первой пробе представлены в таблице 1.

Массовую долю брикетов в завалку рассчитывали исходя из необходимого содержания углерода в металле по расплавлению. При анализе результатов химического состава в опытных плавках с брикетами и сравнительных без брикетов наблюдается прирост процентного содержания углерода. Например, в 10 опытных плавках стали Ст3, среднее содержание углерода по расплавлению брикетов составило 0,19 %.

Таблица 1 – Характеристика плавков с использованием

Марка стали	Количество плавков, шт.	Среднее количество брикетов на плавку, кг.	Среднее содержание по массе, %		
			C	P	S
Ст3	10	1,5	0,19	0,005	0,039

Процесс восстановления хорошо наблюдался визуально, когда при ручном вводе нескольких (5–7) брикетов в жидкий расплав ванны печи происходило выделение пузырьков газа, которые всплывали за счет догорания СО.

Средний удельный расход электроэнергии на плавках с использованием брикетов равен 0,59 кВт/т. Электропечь работала стабильно.

ВЫВОДЫ

Таким образом, отходы обожженных анодов электролизеров вполне пригодны для использования в составе железосодержащих брикетов в качестве восстановителя. При использовании ОА в составе брикетов наблюдается положительный эффект раннего образования пенных шлаков, которые влияют на процесс окисления твердых частиц углерода, находящихся в брикетах с образованием СО, что в дальнейшем позволит получить значительное снижение удельного расхода электроэнергии и кокса, что и было отмечено на отдельных плавках, где удельный расход составлял 480–510 кВт в пересчете на тонну годной заготовки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Ибрагимов, А. Т.** Технология производства алюминия на электролизерах АО «Казахстанский электролизный завод» : Монография / А. Т. Ибрагимов, Р. В. Пак. – Павлодар : Дом печати, 2012. – 288 с.
- 2 **Кимелова, Ж. Т., Абдрахманова, Д. Б., Ахметов, С. М., Каирова, А. А., Суюндиков, М. М.** Перспективы развития производства анодов // Наука и техника Казахстана. – № 1–2. – 2014. – С. 61–65.
- 3 **Баранов, А. Н.** Рециклинг и утилизация фторуглеродсодержащих отходов алюминиевого производства [Текст] / А. Н. Баранов, Н. В. Немчинова, В. В. Аникин [и др.] // Вестник ИрГТУ, 2012. – № 2 (61). – С. 63–70.
- 4 **Галевский, Г. В.** Экология и утилизация отходов в производстве алюминия / Г. В. Галевский, Н. М. Кулагин, М. Я. Минцис. – Новосибирск : Наука, 1997. – 159 с.
- 5 **Паркинсон, Дж.** Новая технология нацеливается на отход алюминиевой промышленности [Текст] / Дж. Паркинсон // Cemical Engineering, 1994. – № 5 (191). – С. 44–51.
- 6 **Жунусов, А. К.** Возможное использование отходов глиноземного производства в черной металлургии [Текст] / А. Жунусов, С. Байсанов // Сб. докл. IV межд. науч.практ.конф. «Управление отходами – основа восстановления экологического равновесия промышленных регионов России». – Новокузнецк, – 2012. – С. 198–200.
- 7 **Кимелова, Ж. Т., Жаксалыкова, Н. К., Дуйсебаева, Н. Б., Каирбаева, Э. Е., Суюндиков, М. М., Сержанов, Р. И.** Экологическая оценка и технологические особенности использования нерасходуемых анодов в производстве алюминия // Наука и техника Казахстана. – № 1–2. – 2015. – С. 48–54.
- 8 **Тулегенов, Е. З., Абдрахманов, Е. С.** Анализ на техногенные отходы электролизного производства // Наука и техника Казахстана. – № 3–4. – 2014. – С. 98–100.
- 9 **Гринберг, И. С.** Электрометаллургия алюминия: учеб. пособие / И. С. Гринберг, В. Г. Терентьев, В. И. Чалых. – Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2009. – 350 с.

10 **Сомов, В. В.** О способах утилизации отработанной футеровки электролизеров [Текст] / Н. В. Немчинова, А. А. Пьявкина // Вестник ИрГТУ. – Иркутск, 2015. – № 5. – С. 155–161.

11 Пат. № 5245116 USA. Process for the wet treatment of spent pot linings from hallheroult electrolytic cells / Claude Bontron, Jean-Michel Lamerant, Pierre-Bernard Personnet (патентообладатель Aluminium Pechiney). Заявл. 18.11.1991; опубл. 14.09.1993.

12 **Терентьев, В. Г.** Производство алюминия / В. Г. Терентьев, Р. М. Школьников, И. С. Гринберг [и др.]. – СПб. : Изд-во МАНЭБ, 2001. – 348 с.

13 Пат. № 2247160 РФ. Способ переработки фторуглеродсодержащих отходов электролитического производства алюминия / П. В. Поляков, Л. В. Рагозин, В. С. Соколов, В. С. Славин, В. В. Данилов, А. С. Истомин. Заявка № 2003133946; опубл. 27.02.2005.

Материал поступил в редакцию 21.09.18.

Қасен Қазбек Қасенұлы

Металлургия, машинажасау және көлік факультетті,
С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университетті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;

Жүнісов Абылай Каиртасұлы

Металлургия, машинажасау және көлік факультетті,
С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университетті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;

Жүнісова Айгүл Қайыргелдіқызы

Металлургия, машинажасау және көлік факультетті,
С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университетті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал баспаға 21.09.18 түсті.

Алюминий өндірісінің электролизерлер шегенінің қалдықтарын залалсыздандыру әдістеріне анализ

Бұл мақалада электролизерлер шегенінің қалдықтарын өңдеу мәселелерін зерттеу бойынша әдебиеттік шолу нәтижелері келтірілген. Заманауи жағдайда алюминий өндіру технологиясына электролизер шегенінің қалдықтарын өңдеу технологиясын енгізуде үлкен инвестицияны қажет емес және Павлодар облысы аумағында электролиз заводшының қызметінің өнеркәсіптік экологиялық көрсеткішін жақсартады.

Кілтті сөздер: электролизер, күйдірілген анодтар, қалдықтар, қолдану, пайдалану

Kassen Kazbek Kassenuly

Faculty of Metallurgy, Machine Building and Transport,
S. Toraihyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Zhunossov Abylai Kairtasovich

Faculty of Metallurgy, Machine Building and Transport,
S. Toraighyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Zhunossova Aigul Kairgeldinovna

Faculty of Metallurgy, Machine Building and Transport,
S. Toraighyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 21.09.18.

Analysis of the utilization methods of the waste lining of electrolyzers of aluminum manufacture

This article presents the results of the literature review on research of the problem of recycling spent liners of electrolyzers. With the current state of aluminum production technology, the technology of recycling the spent lining of the electrolyzer is needed, the introduction of which does not require large investments and will improve the environmental performance of the electrolysis plant in Pavlodar region.

Keywords: electrolysis bath, baked anodes, wastes, use, application.

ЮБИЛЕЙНЫЕ ДАТЫ

23 сентября 2018 года исполнилось 75 лет со дня рождения кандидата технических наук, профессора кафедры «Машиностроение и стандартизация» Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова Шумейко Ивана Алексеевича.

Он родился в 1943 году в Кустанайской области. В 1960 году окончил школу № 1 села Семиозерное Кустанайской области.

В 1970 году окончил Павлодарский индустриальный институт по специальности 2501 «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты».

1960–1970 г. – работа токарем, служба в армии (токарь), учеба в Павлодарском индустриальном институте, работа учебным мастером (будучи студентом);

1970–1974 г. – преподаватель кафедры «Станкостроения и автоматизации» Павлодарского индустриального института;

1975–1979 г. – учеба в аспирантуре (МВТУ им. Н. Э. Баумана);

В 1980 году защитил кандидатскую диссертацию на тему «Оценка точностной надежности фрезерного станка и прогнозирование изменения ее во времени». В 1989 году ему Высшей аттестационной комиссией (ВАК) присвоено учёное звание доцента.

1980–1992 г. – старший преподаватель, доцент кафедры «Технология машиностроения»;

1993–1996 г. – мастер производственного участка Экибастузской ГРЭС–1;

1997–2001 г. – преподаватель физики (гимназия № 3, г. Павлодар);

В период с 01.01. 2002 года по 31.08.2011 год – заведующий кафедрой «Машиностроения и стандартизации»;

В 2005 году Шумейко И.А. присвоено академическое звание профессора Павлодарского государственного университета им. С. Торайгырова.

В 2011 году ему присвоено академическое звание «Почётный заведующий кафедрой». С 01.09.2011 года по настоящее время Иван Алексеевич является профессором кафедры «Машиностроения и стандартизации».

Шумейко Иван Алексеевич – высококвалифицированный, технически грамотный, опытный педагог, делится накопленным опытом с молодыми коллегами. Посещение открытых лекций подчеркнуло его профессионализм, хорошую методическую постановку и отразило его педагогическое мастерство; пользуется уважением и авторитетом среди студентов, преподавателей, сотрудников университета.

Шумейко И. А. – руководитель научного направления «Альтернативные источники энергии». Является научным руководителем дипломных проектов студентов и магистерских проектов магистрантов, которые носят научно-исследовательский характер.

Под руководством профессора Шумейко И. А. при кафедре «Машиностроения и стандартизации» функционирует студенческое конструкторское бюро по машиностроению и энергетике, в котором ведутся конструкторско-исследовательские работы по нескольким направлениям, главным из которых является направление «Нетрадиционные технологии получения электрической энергии на основе возобновляемых источников». В 2012 году получен грант МОН РК на сумму 4 млн. тенге по теме «Проект опытно-промышленного образца ветроагрегата средней мощности».

Совместно с магистрантом Нуркимбаевым С. М. участвовал в проекте «Коммерциализация технологии» и стал финалистом конкурса на тему «Исследование, разработка и создание высокоэффективного прототипа универсальной ветроэнергетической установки». По результатам конкурса получен сертификат по осуществлению грантовой программы развитие связей между наукой и производством, г. Астана, 27–28.11.2014 г.

29 сентября 2015 года профессор Шумейко И. А. и магистрант Нуркимбаев С.М. презентовали проект «Универсальная ветроэнергетическая установка» конкурсной комиссии в рамках регионального конкурса «Инновационный Павлодар», получено 2 место.

Неоднократно профессор Шумейко И. А. являлся научным руководителем проекта по студенческой научно-исследовательской работе «Жас ғалым».

Результаты научно-исследовательской работы публикуются в научных журналах и представляются на научных конференциях (3–5 в год). Активно привлекает студентов к научно-исследовательской работе.

**ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ
НАУЧНОГО ЖУРНАЛА ПГУ ИМЕНИ С. ТОРАЙГЫРОВА
«НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА»**

Журнал «Наука и техника Казахстана» издается Павлодарским государственным университетом имени С.Торайгырова с 2001 года и выходит 4 раза в год в конце каждого квартала.

В публикациях журнала рассматриваются результаты фундаментальных и прикладных исследований в области естественных и технических наук.

Научные статьи, представляемые в редакцию журнала, должны быть оформлены согласно базовым издательским стандартам по оформлению статей в соответствии с ГОСТ 7.5-98 «Журналы, сборники, информационные издания. Издательское оформление публикуемых материалов», пристатейных библиографических списков в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления».

Представленные для опубликования материалы должны соответствовать следующим требованиям:

– отражать современный уровень знаний по данной теме, квалифицированно излагать научно-технические вопросы, обладать сжатым и хорошим литературным изложением, иметь четко выполненные иллюстрации;

– текст должен быть набран в текстовом редакторе Microsoft Word (97, 2003, 2007, 2010) на одной стороне листа с полями 30 мм со всех сторон, шрифт Times New Roman, кегль – 12 пунктов, межстрочный интервал – полуторный, выравнивание по ширине, абзацный отступ – 10 мм;

– общий объем статьи, включая аннотации, литературу, таблицы, рисунки и математические формулы, должен быть не менее 5 и не более 12 страниц печатного текста (более 12 страниц по согласованию с редколлегией).

Все статьи строятся следующим образом:

1 **ГРНТИ** (Государственный рубрикатор научной технической информации) (прописными буквами, нежирным прямым шрифтом);

2 **Фамилия, имя, отчество** автора(-ов) (строчными буквами, курсивом, жирным шрифтом);

3 **Ученая степень, ученое звание** (строчными буквами, нежирным прямым шрифтом);

4 **Аффилиация** (факультет или иное структурное подразделение, организация (место работы (учебы)), город, область, страна, почтовый индекс) (строчными буквами, нежирным прямым шрифтом);

5 **E-mail** автора(-ов) (строчными буквами, нежирным прямым шрифтом);

6 **Название статьи** должно отражать содержание статьи, тематику и результаты проведенного научного исследования. В название статьи необходимо вложить информативность, привлекательность и уникальность (не более 12 слов, прописными буквами, курсивом, жирным шрифтом, выравнивание по левому краю, на трех языках: казахский, русский, английский);

7 **Аннотация** – краткая характеристика назначения, новизны, содержания, вида, формы и других особенностей статьи. Должна быть информативной (не содержать общих слов типа «Настоящая статья», «В этой статье», а сразу писать: «Изложены, приведены, рассмотрены, даны методы решения ...»), оригинальной, содержательной (отражать основное содержание статьи и результаты исследований), структурированной (следовать логике описания результатов в статье) (рекомендуемый объем аннотации – не менее 100 слов, строчными буквами, курсивом, нежирным шрифтом, кегль 10 пунктов, абзацный отступ слева и справа – 10 мм);

8 **Ключевые слова** – набор слов, отражающих содержание текста в терминах объекта, научной отрасли и методов исследования. Ключевые слова должны обеспечить наиболее полное раскрытие содержания статьи. Статья должна содержать не менее 6-8 ключевых слов в порядке их значимости, количество слов внутри ключевой фразы – не более 3 (оформляются на языке публикуемого материала, строчными буквами, курсивом, нежирным шрифтом, кегль 10 пунктов, абзацный отступ слева и справа – 10 мм);

9 **Основной текст статьи** излагается в определенной последовательности его частей, включает в себя:

- слово ВВЕДЕНИЕ / KIPICE / INTRODUCTION (прописными буквами, нежирным шрифтом, выравнивание по центру).

Необходимо отразить результаты предшествующих работ ученых, что им удалось, что требует дальнейшего изучения, какие есть альтернативы (если нет предшествующих работ – указать приоритеты или смежные исследования). Освещение библиографии позволит отгородиться от признаков заимствования и присвоения чужих трудов. Любое научное изыскание опирается на предыдущие (смежные) открытия ученых, поэтому обязательно ссылаться на источники, из которых берется информация. Также можно описать методы исследования, процедуры, оборудование, параметры измерения, и т.д. (1-2 страницы);

- слова ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ / NEGIZG BÖLİM / MAIN PART (прописными буквами, нежирным шрифтом, выравнивание по центру).

Это отражение процесса исследования или последовательность рассуждений, в результате которых получены теоретические выводы. В научно-практической статье описываются стадии и этапы экспериментов или опытов, промежуточные результаты и обоснование общего вывода в виде математического, физического или статистического объяснения. При необходимости можно изложить данные об опытах с отрицательным результатом. Затраченные усилия исключают проведение аналогичных испытаний в дальнейшем и сокращают путь для следующих ученых. Следует описать все виды и количество отрицательных результатов, условия их получения и методы его устранения при необходимости. Проводимые исследования предоставляются в наглядной форме, не только экспериментальные, но и теоретические. Это могут быть таблицы, схемы, графические модели, графики, диаграммы и т.п. (не более 10 страниц).

- слово ВЫВОДЫ / ҚОРЫТЫНДЫ / CONCLUSION (прописными буквами, нежирным шрифтом, выравнивание по центру).

Собираются тезисы основных достижений проведенного исследования. Они могут быть представлены как в письменной форме, так и в виде таблиц, графиков, чисел и статистических показателей, характеризующих основные выявленные закономерности. Выводы должны быть представлены без интерпретации авторами, что дает другим ученым возможность оценить качество самих данных, и позволит дать свою интерпретацию результатов (не более 1 страницы).

10 **Список использованных источников** включает в себя:

- слова СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ / ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ / REFERENCES (прописными буквами, нежирным шрифтом, выравнивание по центру).

Список цитируемой литературы включает в себя источники, содержащие материалы, которые автор использовал при написании статьи.

Список литературных источников должен отражать состояние научных исследований в разных странах в рассматриваемой проблемной области.

Ссылки должны быть доступны научной общественности, поэтому приветствуется наличие DOI публикаций.

Количество литературных ссылок в статье должно быть не менее 10-20 наименований, из них не менее 50% – источники из международных баз цитирования (Clarivate analytics, Scopus, Springer, Thomson Reuters, РИНЦ и другие), доступные на сайте ПГУ (www.library.psu.kz).

Ссылки в тексте даются в квадратных скобках, например, [1] или [2-5]. Нумерация источников должна соответствовать очередности ссылок на них в тексте.

Ссылки на авторефераты диссертаций, диссертации на соискание ученой степени допускаются при наличии их доступных электронных версий.

Ссылки на учебники, учебные пособия, монографии должны иметь подчиненное значение и составлять не более 10-15%, поскольку малодоступны широкой научной общественности.

Ссылки на неопубликованные работы недопустимы.

Самцитирование не должно превышать 15-20%.

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

11 **Иллюстрации, перечень рисунков** и подрисовочные надписи к ним представляют по тексту статьи после соответствующих ссылок на них. В электронной версии рисунки и иллюстрации представляются в формате TIF или JPG с разрешением не менее 300 dpi.

12 **Математические формулы** должны быть набраны в Microsoft Equation Editor (каждая формула – один объект). Буквы греческого алфавита набираются прямым шрифтом; буквы русского/казахского алфавита в формулах (в том числе в индексах) – прямым, латинского – курсивом.

На отдельной странице (после статьи)

В бумажном и электронном вариантах приводятся фамилия, имя, отчество автора (-ов), ученая степень и звание, место работы (учебы) и должность, название статьи, аннотация и ключевые слова на 3-х языках (казахском, русском, английском).

Также необходимо представить полные почтовые адреса, номера служебного и домашнего телефонов, факс, e-mail (для связи редакции с авторами, не публикуются);

Информация для авторов

Все статьи должны сопровождаться двумя рецензиями независимых ученых по тематике статьи.

Одному автору разрешается не более 2 (двух) публикаций в одном номере журнала.

Количество авторов одной статьи не должно превышать 4-х человек.

Статьи на иностранном языке принимаются бесплатно.

Статьи публикуются по мере поступления.

Редакция не занимается литературной и стилистической обработкой статьи.

При необходимости статья возвращается автору на доработку. За содержание статьи несет ответственность Автор.

Статьи, оформленные с нарушением требований, к публикации не принимаются и не возвращаются авторам.

Датой поступления статьи считается дата получения редакцией ее окончательного варианта.

Периодичность издания журналов – четыре раза в год (ежеквартально).

Статью (бумажная, электронная версии, оригиналы рецензии и квитанции об оплате) следует направлять по адресу:

140008, Казахстан, г. Павлодар, ул. Ломова, 64,

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, Издательство «Кереку», каб. 137.

Тел. 8 (7182) 67-36-69, (внутр. 1147).

E-mail: nitk@psu.kz

Стоимость публикации одной статьи для сторонних лиц составляет **5000 (пять тысяч) тенге** и предусматривает предоставление только 1-го экземпляра журнала. Оплата за дополнительный экземпляр журнала составляет **2000 (две тысячи) тенге.**

Стоимость публикации одной статьи для ППС, сотрудников и обучающихся ПГУ им. С.Торайгырова составляет **3000 (три тысячи) тенге.**

Для иностранных авторов оплата эквивалентно курсу Национального банка Республики Казахстан на момент сдачи статьи.

Наши реквизиты:

РГП на ПХВ Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова РНН 451800030073 БИН 990140004654	РГП на ПХВ Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова РНН 451800030073 БИН 990140004654
АО «Цеснабанк» ИИК KZ57998FTB0000003310 БИК TSESKZKA КБЕ 16 Код 16 КНП 861	АО «Народный Банк Казахстана» ИИК KZ156010241000003308 БИК HSBKZKX КБЕ 16 Код 16 КНП 861

ГРНТИ 73.01.77; 73.39.31; 50.05.09

Рындин Владимир Витальевич

к.т.н, профессор, кафедра «Механика и нефтегазовое дело», Павлодарский государственный университет имени С.Торайгырова, г. Павлодар, Республика Казахстан, 140008, rvladvit@yandex.kz.

Сиюннич Руслан Нуртаевич

оператор по учёту сырья и готовой продукции, ТОО «УПНК-ПВ», г. Павлодар, Республика Казахстан, 140000, 2upnk1@mail.ru.

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАСЧЁТ МАГИСТРАЛЬНОГО НЕФТЕПРОВОДА В СИСТЕМЕ MATHCAD

Приведена программа расчёта магистрального нефтепровода в системе Mathcad, позволяющая автоматически строить QH-характеристики трубопроводов и перекачивающих станций, определять положение станций и рабочую точку системы, проводить исследование режимов ...

Продолжение аннотации

Ключевые слова: нефтепровод, расчёт, система Mathcad, профиль трассы, расстановка станций, рабочая точка системы.

ВВЕДЕНИЕ

При решении многих математических задач широко используется программирование в средах ...

Продолжение текста

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Mathcad – интегрированная математическая система, позволяющая наглядно вводить исходные данные, проводить математическое описание решения задачи в традиционном виде и получать результаты вычислений, как в аналитическом, так и в численном виде. Ниже приводится программа ...

Продолжение текста публикуемого материала

ВЫВОДЫ

Разработана программа расчёта магистрального нефтепровода в системе Mathcad, записываемая в традиционных математических символах, что ...

Продолжение текста

Пример оформления таблиц и рисунков:

Таблица 1 – Химический состав исходной хромовой руды, масс. %

Cr ₂ O ₃	FeO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	MgO	CaO
40	21	16	5	16	2

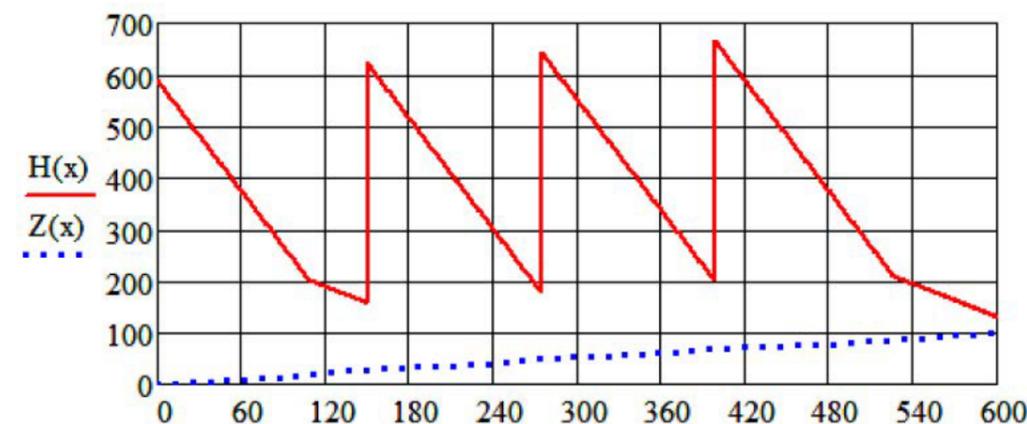


Рисунок 1 – Расстановка четырёх НПС на МН с двумя лупингами

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Макаров, Е. Г. Инженерные расчёты в Mathcad 15. – СПб. : Питер, 2011. – 400 с. : ил.
- 2 Макушев, Ю. П. Интегральное и дифференциальное исчисления в приложении к технике : монография / Ю. П. Макушев, Т. А. Полякова, В. В. Рындин, Т. Т. Токтаганов. – Павлодар : Кереку, 2013. – 330 с. : ил.
- 3 Транспорт и хранение нефти и газа в примерах и задачах : учеб, пособие / Под общей редакцией Ю. Д. Земенкова. – СПб. : Недра, 2004. – 544 с. : ил.
- 4 Долгов, И. А. Тенденции развития конструкции моторно-трансмиссионных установок и сельскохозяйственных тракторов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2006. – № 6. – С. 3-8.
- 5 Ким, К. К., Шпилев, М. А. Комплекс для выгрузки угля из полувагонов. / Статьи: информационный портал [Электронный ресурс]. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22706030>.
- 6 Бекенов, Т. Н. Основы расчета опорно-сцепных параметров самоходных колесных машин при обеспечении их проходимости: дисс. докт. техн. наук. – Алматы, 1998. – 308 с.

Рындин Владимир Витальевич

т.ғ.к, профессор, «Механика және мұнайгаз ісі» кафедрасы, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., Қазақстан Республикасы 140008, rvladvit@yandex.kz.

Сиюннич Руслан Нуртаевич

дайын өнім мен шикізатты есептеу операторы, «УПНК-ПВ» ЖШС, Павлодар қ., Қазақстан Республикасы, 140000, 2upnk1@mail.ru.

Mathcad жүйесінде магистральдық мұнай құбырын зерттеу және есептеу

Mathcad жүйесінде магистральдық мұнай құбыры бағдарламасының есептеуі келтіріліп, құбырлар мен қайта айдау станцияларының QH-сипаттамаларын автоматты түрде құруды, станцияның ережесі мен жұмыс нүктесін анықтауға, мұнай құбыры жұмысының режимдерін зерттеуге ...

Түйіндеменің жалғасы

Кілтті сөздер: мұнай құбыры, есеп, Mathcad жүйесі, трассаның профилі, станциялардың орналасуы, жүйенің жұмыс нүктесі.

Ryndin Vladimir Vladimirovich

Cand.Sci.(Eng.), professor, Department of «Mechanics and Oil and Gas Business»,
S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, Republic of Kazakhstan,
140008, rvladvit@yandex.kz.

Siunits Ruslan Nurtaevich –

operator of accounting of raw materials and finished products, LLP «UPNK-PV»,
Pavlodar, Republic of Kazakhstan, 140000, 2upnk1@mail.ru.

Research and calculation of the main oil pipeline in mathcad

Presents a program for calculating the main pipeline in the system Mathcad, allowing you to automatically build a QH-characteristics of the pipelines and pumping stations to determine the position of stations and the operating point of the system, conduct a study of the modes ...

Continue annotation

Keywords: the pipeline, calculation, the system Mathcad, road alignments, alignment stations, the operating point of the system.

Теруге 15.05.2018 ж. жіберілді. Басуға 28.09.2018 ж. қол қойылды.

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

Шартты баспа табағы 6,9. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген Д. А. Жумабекова

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

Тапсырыс № 3335

«КЕРЕКУ» баспасынан басылып шығарылған

С. Торайғыров атындағы

Павлодар мемлекеттік университеті

140008, Павлодар қ., Ломов көш., 64, 137 каб.

«КЕРЕКУ» баспасы

С. Торайғыров атындағы

Павлодар мемлекеттік университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

e-mail: kereku@psu.kz