



ЯРОСЛАВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

**II ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ
«ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ,
МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ
В КОКСОХИМИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ»**

Сборник материалов конференции

**2 марта 2022 г.
Ярославль**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Ярославский государственный технический университет»

**II Всероссийская научно-практическая
конференция
«Техническое регулирование,
метрологическое обеспечение
и управление качеством
в коксохимическом производстве»**

2 марта 2022 г. Ярославль

Сборник материалов

Электронное издание

Ярославль
Издательство ЯГТУ
2022

ISBN 978-5-9914-0968-1

© Ярославский государственный технический университет, 2022

УДК 658
ББК 30.607
Т38

Т38 Техническое регулирование, метрологическое обеспечение и управление качеством в коксохимическом производстве: сб. материалов II Всероссийской науч.-практ. конф., 2 марта 2022 г. / под общей ред. д-ра техн. наук, доцента В.А. Ивановой. - Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2022. – 74 с. – 1 CD-ROM. Системные требования: PC Pentium IV, 512 Мб ОЗУ, Microsoft Windows XP/7, Adobe Acrobat Reader, диск CD-ROM, мышь. – Текст: электронный.

Содержит труды II Всероссийской научно-практической конференции «Техническое регулирование, метрологическое обеспечение и управление качеством в коксохимическом производстве» по следующим направлениям: стандартизация испытаний, измерений, контроля коксохимической продукции, технологических процессов производства; особенности внедрения и функционирования систем менеджмента, в том числе систем менеджмента качества на коксохимических предприятиях; проблемы метрологического обеспечения производства и контроля качества продукции коксохимии; обеспечение испытаний и контроля продукции коксохимического производства в Национальной системе аккредитации Российской Федерации.

Рецензенты: З.К. Кабаков, д-р техн. наук, профессор Череповецкого государственного университета; М.А. Полякова, д-р техн. наук, доцент Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова.

© Ярославский государственный технический университет, 2022

Программное обеспечение:
Microsoft Office Word, Adobe Acrobat.

Программное обеспечение для воспроизведения электронного издания: Adobe Acrobat Reader, браузеры Google Chrom, Yandex.

Редакционная коллегия: В.А. Иванова, С.Е. Кабалин, А.Я. Ерёмин

Редактор: О.А. Юрасова

Ответственные за электронное издание: М.А. Канакотина, Л.С. Кокина

Объем издания: 1,01 Мб
Комплектация издания 1 CD-ROM

Ярославский государственный технический университет: 150023,
г. Ярославль, Московский пр., 88
<http://www.ystu.ru>

Контактный телефон: 8 (4852) 44-12-70

СОДЕРЖАНИЕ

ПРИВЕТСТВИЕ УЧАСНИКАМ КОНФЕРЕНЦИИ.....	5
Н.С. Морозова. РОЛЬ АО «ВУХИН» В РАБОТЕ ТЕХНИЧЕСКОГО КОМИТЕТА ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ 395 «КОКС И ПРОДУКТЫ КОКСОХИМИИ».....	6
В.А. Иванова ДОБРОВОЛЬНАЯ СЕРТИФИКАЦИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА КАМЕННОУГОЛЬНОГО КОКСА.....	10
М.С. Белинов, А.В. Белян, М.А. Червочкин, В.В. Соловьев. РАЗРАБОТКА ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ КИСЛЫХ СТОКОВ ПАО «СЛАВНЕФТЬ–ЯНОС» АКТИВИРОВАННЫМ УГЛЕМ, ПОЛУЧЕННЫМ В ХОДЕ КОКСОВАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЯНЫХ ОСТАТКОВ.....	22
Д.И. Казюлина, В.А. Иванова. ОРГАНИЗАЦИЯ ИСПЫТАНИЙ ЛИТЕЙНОГО КОКСА НА ОСНОВЕ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА.....	26
Н.А. Костенко. ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ ЛИТЕЙНОГО КОКСА В ПРОЦЕССЕ ЗАГРУЗКИ ВАГРАНКИ.....	31
В.А. Иванова АНАЛИЗ СТАНДАРТИЗАЦИИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАМЕННОУГОЛЬНОГО КОКСА.....	36
З.В. Мищенко. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОЦЕССОВ КОКСОХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	45
З.В. Мищенко. МЕТОДИКА ПАРЕТО-ОПТИМИЗАЦИИ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ ДОПУСКОВОГО КОНТРОЛЯ ЛИТЕЙНОГО КОКСА.....	50
З.В. Мищенко. ОЦЕНКА ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОЦЕССОВ КОКСОХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ПО КАРТАМ ШУХАРТА.....	55
Ю.А. Орлов, Л.С. Пантелеев, Д.Ю. Орлов. ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПО ПОКАЗАТЕЛЮ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ В ПРИВОДАХ ПОСТУПАТЕЛЬНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ НА БАЗЕ РОЛИКОВИНТОВЫХ ПЕРЕДАЧ.....	60
С.А. Соловьева. ПРОБЛЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ В СФЕРЕ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ ТРЕБОВАНИЯМ ТР ЕАЭС 041/2017 «О БЕЗОПАСНОСТИ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ».....	64
М.А. Червочкин, А.В. Белян, М.С. Белинов, В.В. Соловьев. ПОЛУЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ РАЗОГНАННЫХ ФРАКЦИЙ ОТРАБОТАННЫХ НЕФТЯНЫХ МАШИННЫХ МАСЕЛ ДЛЯ ПРОЦЕССА ОБЕЗВОЖИВАНИЯ УГЛЕЙ.....	69

ПРИВЕТСТВИЕ УЧАСТНИКАМ КОНФЕРЕНЦИИ

Здравствуйте, уважаемые участники!

Поздравляю Вас с открытием II Всероссийской научно-практической конференции «Техническое регулирование, метрологическое обеспечение и управление качеством в коксохимическом производстве».

Мы рады приветствовать всех авторов, проявивших интерес к вопросам, затрагиваемым на нашей конференции.

Проведение конференции по нетрадиционной тематике для Ярославской области является важным событием не только для Ярославского государственного технического университета, но и для нашего региона.

Главная цель проведения этой конференции – это обмен опытом и результатами научных исследований в области стандартизации, метрологического обеспечения и управления качеством в коксохимическом производстве.

Желаю всем участникам и организаторам конференции плодотворной работы, конструктивного диалога и эффективного взаимодействия! Желаю Вам крепкого здоровья, успехов в научно-исследовательской работе и практической деятельности!

*В.А. Иванова, д-р техн. наук, доцент,
директор института инженерии и машиностроения ЯГТУ,
председатель научно-технического комитета
по стандартизации РАЛ,
член комитета по техническому регулированию,
стандартизации и качеству продукции ТПП РФ,
эксперт по стандартизации*

РОЛЬ АО «ВУХИН» В РАБОТЕ ТЕХНИЧЕСКОГО КОМИТЕТА ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ 395 «КОКС И ПРОДУКТЫ КОКСОХИМИИ»

Н.С. Морозова

АО «Восточный научно-исследовательский углехимический институт»

Представлен обзор деятельности и планов по вопросам стандартизации и техническому регулированию АО «ВУХИН» и ТК 395 «Кокс и продукты коксохимии» с 2020 по 2023 гг.

Ключевые слова: технический комитет, ГОСТ, ГОСТ Р, ИСО, стандарт, ПНС, НДТ

ROLE OF JSC «VUKHIN» IN THE ACTIVITIES OF TECHNICAL COMMITTEE OF STANDARDIZATION 395 «COKE AND COKE BY-PRODUCTS»

N.S. Morozova

JSC "Eastern Research Coal Chemical Institute"

Presented is the review of the activities and plans towards the issues of standardization and technical control of JSC «VUKHIN» and TC 395 «Coke and coke by-products» since 2020 to 2023.

Key words: technical committee, GOST, GOST R, ISO, standard, PNS, NDT

Традиционно секретариат Технического комитета 395 «Кокс и продукты коксохимии» (ТК 395) возглавляет Акционерное общество «Восточный научно-исследовательский углехимический институт» (г. Екатеринбург).

Технический комитет по стандартизации 395 «Кокс и продукты коксохимии» осуществляет свою деятельность на основании Приказа Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) № 1331 от 16 июня 2017 г., № 50 от 13 января 2022 г., № 106 от 19 января 2022 г. В соответствии с этими документами в 2022 году в состав ТК 395 вошли новые предприятия и организации, среди них: ООО «Русал ИТЦ», АО «НИИграфит», ООО «Омск-техуглерод», АО «Энергопром-НЭЗ», ООО «Донкарб графит»,

ООО «Мини-Макс», ООО «ПРОМИНТЕХ НКА», ФГБОУ ВО «ЯГТУ», ООО «ВЦЭМуголь».

Ежегодно Технический комитет проводит мониторинг актуальности стандартов в своей области деятельности и принимает решения о разработке, обновлении, внесении поправок или изменений, отмене стандартов, разработке новых стандартов, на основании чего вносятся предложения в Программу национальной и межгосударственной стандартизации (ПНС) Российской Федерации. В область деятельности ТК 395 входят объекты стандартизации с кодами по Общероссийскому классификатору стандартов (ОКС 001): 71 – Химическая промышленность, 73 – Горное дело и полезные ископаемые, 75 – Добыча и переработка нефти, газа и смежные производства, такие как: продукция коксовых печей, газы промышленные, вещества химические органические, удобрения и соединения азотные, смолы, масла, пеки каменноугольные, угли для коксования и др.

В соответствии с Программой разработки национальных и межгосударственных стандартов Российской Федерации на 2019 год в части разработки документов в области деятельности ТК 395 работа была выполнена в полном объеме, утверждены и опубликованы 12 межгосударственных и 1 национальный стандарт, которые действуют с 01.03.2021 г. Вместе с тем, при взаимодействии со смежным ТК 179 «Твердое минеральное топливо» в 2020 году разработаны два национальных стандарта: ГОСТ Р 59260-2020 «Угли каменные. Метод определения выхода химических продуктов коксования» и ГОСТ Р 59259-2020 (ИСО 502:2015) «Уголь каменный. Определение спекающей способности угля по типу кокса, полученного методом Грей-Кинга», дата начала действия 01.04.2021 г. В этой работе участие приняли не только коксохимические производства и предприятия, но и крупнейшие поставщики угольной продукции, приглашенные эксперты, представители авторитетных испытательных центров и лабораторий.

АО «ВУХИН» – представитель Российской Федерации в профильном комитете ISO/TC27 Международной организации по стандартизации и его подкомитете SC3 «Coke». В рамках деятельности в качестве представителя в ISO/TC27 была проведена работа по систематической проверке стандартов, подготовлены замечания и предложения по пяти международным стандартам, осуществлен их предварительный перевод на русский язык, принято участие в голосовании от Российской Федерации для сохранения высокого статуса «Участника». Кроме того, по четырем окончательным редакциям проектов международных стандартов проведено рассмотрение и голосование.

В программу национальной (межгосударственной) стандартизации на 2020-2022 гг. были включены: 21 стандарт и 3 изменения к межгосударственным стандартам. На данный момент, организовано и проведено заочное голосование по проектам стандартов, проведена их экспертиза, подготовлены мотивированные предложения об утверждении, укомплектованы дела стандартов, пройдена процедура нормоконтроля в Российском институте стандартизации. Скорректированные по замечаниям редактора стандарты отправлены «в набор» с последующей отправкой комплектов документов в Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) для утверждения и публикации в установленном порядке. В работе над стандартами приняли участие 8 предприятий и организаций – членов ТК 395.

В дополнение к программе национальной стандартизации на 2021-2023 гг. предложены и внесены два национальных стандарта: на основе ISO 18894-2018 «Кокс. Определение реакционной способности (CRI) и прочности кокса после реакции (CSR)» и «Кокс и продукты коксохимии. Термины и определения. Часть 1. Производство кокса».

В настоящий момент разработка продолжается, обрабатываются поступившие замечания, формируются сводки отзывов, подготавливаются вторые (окончательные) редакции и пояснительные записки к ним. Интерес к разработке стандартов постоянно растет, требования, результаты, методы и процессы, описанные в стандартах, используются в сфере государственного регулирования, законотворчества, в различных практиках, в том числе судебных. Финансовое (долевое) участие предприятий – производителей и потребителей продукции в разработке стандартов позволяет отразить интересы сторон и добиться консенсуса на стадии согласования стандарта.

ТК 395 осуществляет работу по стандартизации во взаимодействии с национальными и межгосударственными техническими комитетами по стандартизации, как в области своей деятельности, так и в смежных отраслях, а именно: ТК 179 «Топливо твердое минеральное», МТК 179 «Уголь и продукты его переработки», МТК 10 «Кокс», ТК 343 «Качество воды», МТК 343 «Качество воды», ТК 457 «Качество воздуха», ТК 113 «Наилучшие доступные технологии», ТК 109 «Электродная продукция».

Задачи и функции, выполняемые АО «ВУХИН», при взаимодействии с техническими комитетами по стандартизации:

- рассмотрение проектов стандартов, согласование;
- формирование отзывов и предложений;
- участие в заседаниях и мероприятиях;
- инициативная разработка;

- экспертная оценка;
- совместные проекты.

Ежегодно ТК 395 организует заседания в очной и заочной форме. Так, в 2021 году состоялось два заседания в заочной форме, а на 2022 год запланировано первое очное заседание, которое состоится 21-22 апреля в рамках VI международной конференции «Коксохимическая промышленность, состояние и перспективы».

Программа работы включает проведение пленарных заседаний с докладами и по ключевым вопросам развития отрасли.

В рамках конференции также состоятся следующие мероприятия:

- заседание Технического комитета по стандартизации ТК 395 «Кокс и продукты коксохимии»;
- собрание Коксохимической ассоциации, на котором будут рассмотрены план работы на 2022 год и заявления по приему новых участников;
- 22 апреля – посещение производственных объектов АО «Москокс» (г. Видное).

Подведем итоги. Перспективная программа работ ТК 395 реализуется путем принятия, актуализации и выполнения среднесрочных и текущих планов работ технического комитета по стандартизации в целом, учитывая положения Программы национальной стандартизации. Реализация ПНС является основной темой рассмотрения на заседаниях ТК 395. По завершении разработки национальных и межгосударственных стандартов по программе работ комитета проводится мониторинг направлений дальнейших работ и формирование новой программы. На регулярной основе выполняется сбор предложений от членов ТК 395 по разработке проектов стандартов в области деятельности ТК 395 для включения в новую программу работ. Ведется активное взаимодействие с техническими комитетами по стандартизации, действующими в рамках области деятельности института. Секретариат ТК 395 приглашает к сотрудничеству заинтересованных лиц и организации для формирования комфортной среды национальной, межгосударственной и региональной систем стандартизации.

ДОБРОВОЛЬНАЯ СЕРТИФИКАЦИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА КАМЕННОУГОЛЬНОГО КОКСА

В.А. Иванова, д-р техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрены основные аспекты применения добровольной сертификации каменноугольного кокса в качестве инструмента обеспечения и оценки качества.

Ключевые слова: добровольная сертификация, каменноугольный кокс, оценка качества

VOLUNTARY CERTIFICATION AS A TOOL TO ENSURE AND EVALUATE THE QUALITY OF COAL COKE

V.A. Ivanova, Doctor of Technical Sciences,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The main aspects of the application of voluntary certification of coal coke as a tool for quality assurance and assessment are considered.

Key words: voluntary certification, coal coke, quality assessment

В настоящее время в соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании» (от 27.12.2002 № 184-ФЗ) подтверждение соответствия на территории Российской Федерации носит обязательный и добровольный характер.

Обязательное подтверждение соответствия имеет отношение только к продукции и осуществляется только на соответствие требованиям технических регламентов – документов, содержащих требования, обеспечивающие безопасность и единство измерений. Таким образом, обязательное подтверждение соответствия осуществляется на соответствие обязательным требованиям к продукции.

Добровольное подтверждение соответствия осуществляется в виде добровольной сертификации и на требования, отличные от обязательных (таблица 1). В соответствии с Федеральным законом «О тех-

ническом регулировании» (от 27.12.2002 № 184-ФЗ) эти требования должны быть изложены в национальных стандартах, предварительных национальных стандартах, стандартах организаций, сводах правил, системах добровольной сертификации, условиях договоров.

Таблица 1. Отличия обязательного подтверждения соответствия от добровольного подтверждения соответствия

№	Отличительный признак	Обязательное подтверждение соответствия	Добровольное подтверждение соответствия
1	Форма подтверждения соответствия	1. Обязательная сертификация 2. Декларирование соответствия	Добровольная сертификация
2	Документы, содержащие подтверждаемые требования	Технические регламенты	Национальные стандарты, предварительные национальные стандарты, стандарты организаций, своды правил, системы добровольной сертификации, условия договоров
3	Объекты подтверждения соответствия	Продукция, выпускаемая в обращение на территории Российской Федерации	Продукция, процессы производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, работы и услуги, системы менеджмента, персонал и др.
4	Основание проведения подтверждения соответствия	Наличие технического регламента, содержащего требования к подтверждению соответствия продукции	Договор между заявителем и органом по сертификации
5	Знак соответствия	Знак обращения на рынке	Знак соответствия национальному стандарту; знак соответствия системы добровольной сертификации; отсутствие знака

Объектами обязательного подтверждения соответствия может быть только продукция, выпускаемая в обращение на территории Российской Федерации, а объектами добровольного подтверждения соответствия – продукция, процессы производства, эксплуатации, хране-

ния, перевозки, реализации и утилизации, работы и услуги, а также иные объекты, в отношении которых стандартами, системами добровольной сертификации и договорами устанавливаются требования. К иным объектам могут относиться персонал, системы менеджмента, производства.

Причины, по которым проводится подтверждение соответствия, влияют на форму подтверждения соответствия. Добровольное подтверждение соответствия осуществляется по инициативе заявителя, а обязательное – в связи с принятым техническим регламентом, в соответствии с которым подтверждение соответствия продукции является одной из форм оценки соответствия.

Документы, удостоверяющие подтверждение соответствия и при добровольной и при обязательной форме, имеют одинаковое название – «Сертификат соответствия», однако при обязательном подтверждении соответствия в случае применения декларирования соответствия документом, удостоверяющим соответствие продукции, является «Декларация о соответствии».

Знаки соответствия, применяемые в результате подтверждения соответствия, также различны. При добровольном подтверждении соответствия применяются знаки соответствия систем добровольной сертификации и знак соответствия национальному стандарту. Федеральным законом «О техническом регулировании» (от 27.12.2002 № 184-ФЗ) предусмотрено при необходимости не применять знак соответствия при добровольной сертификации. При обязательном подтверждении соответствия заявитель обязан маркировать продукцию, прошедшую подтверждение соответствия, знаком обращения на рынке.

Повышение конкурентоспособности продукции на российском и международном рынке является одной из целей подтверждения соответствия, в том числе добровольной сертификации продукции в соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании» (от 27.12.2002 № 184-ФЗ).

К основным факторам, влияющим на конкурентоспособность продукции (на примере машиностроительной продукции) можно отнести [1]:

- качество продукции;
- цена товара;
- сроки поставки;
- стоимость эксплуатации;
- удобство обслуживания;
- доверие к товару.

Причем, качество продукции среди других факторов имеет приоритетное значение.

Рассмотрим возможный механизм повышения конкурентоспособности при применении добровольной сертификации продукции.

Конкурентоспособность продукции можно выразить в виде показателя ($КС < 1$) следующим образом:

$$КС = K \cdot \beta_K + \mathcal{E} \cdot \beta_{\mathcal{E}}, \quad (1)$$

где K , $\mathcal{E}$ – комплексный показатель соответственно качества и экономичности;

β_K , $\beta_{\mathcal{E}}$ – коэффициенты весомости комплексных показателей качества и экономичности.

Значения коэффициентов весомости комплексных показателей качества и экономичности могут быть получены экспертным и аналитическим путем. Исследования различных авторов показали, что коэффициенты β_K и $\beta_{\mathcal{E}}$ могут иметь различные соотношения: 0,87 и 0,13; 0,64 и 0,36 [2]; 0,4 и 0,6 [3]; 0,65 и 0,35 [4]; 0,45 и 0,55 [5] соответственно. Причем для российского потребителя соотношение коэффициентов весомости комплексных показателей качества и экономичности составляет 0,64 и 0,36 соответственно, то есть российский потребитель предпочитает, прежде всего, высокое качество продукции. Понятно, что соотношение коэффициентов весомости может меняться для различных групп продукции. Значение показателя конкурентоспособности $КС$ приближается к единице при условии, что продукция практически не имеет конкурентов на рынке.

При проведении добровольной сертификации себестоимость продукции увеличивается, что приводит к снижению произведения значения $\mathcal{E} \cdot \beta_{\mathcal{E}}$ (1) и, соответственно, к снижению значения показателя конкурентоспособности. Таким образом, при проведении добровольной сертификации необходимо повышать качество продукции. Только при таком условии добровольная сертификация способствует повышению конкурентоспособности продукции (рис. 1).

Таким образом, для повышения конкурентоспособности продукции необходимо, чтобы после проведения добровольной сертификации показатель конкурентоспособности ($КС_1$) увеличился по сравнению со значением этого показателя до проведения сертификации ($КС$):

$$КС_1 > КС. \quad (2)$$

Показатель конкурентоспособности продукции после проведения добровольной сертификации можно определить по формуле:

$$КС_1 = K_1 \cdot \beta_K + \mathcal{E}_1 \cdot \beta_{\mathcal{E}}, \quad (3)$$

где K_1 , $\mathcal{E}_1$ – комплексный показатель качества и экономичности соответственно после проведения добровольной сертификации продукции.



Рис. 1. Модель влияния добровольной сертификации на конкурентоспособность продукции

После осуществления добровольной сертификации продукции, как было сказано выше, значение экономичности продукции уменьшится: $\varepsilon_1 \cdot \beta_2 < \varepsilon \cdot \beta_2$. Учитывая неравенство (2) и уравнения (1), (3) представим условие повышение конкурентоспособности продукции за счет проведения добровольной сертификации в виде неравенства:

$$K_1 > \frac{\beta_2}{\beta_K} \cdot (\varepsilon - \varepsilon_1) + K. \quad (4)$$

При этом отношение $\frac{\beta_2}{\beta_K}$ для российского рынка составляет менее единицы, а величина разницы $\varepsilon - \varepsilon_1$ зависит от стоимости добровольной сертификации, то есть произведение этих величин является фиксированной. Таким образом, уравнение (4) представляет собой условие, соблюдение которого позволит повысить конкурентоспособность продукции в случае проведения ее добровольной сертификации.

Далее рассмотрим механизм и условия увеличения значения комплексного показателя качества продукции для повышения конкурентоспособности продукции при проведении добровольной сертификации.

Показатель качества может быть выражен с помощью формулы средней взвешенной арифметической [6]:

$$K_j^k = K_{исj} \sum_{i=1}^n K_{ij} G_i, \quad (5)$$

где i – номер свойства;

j – номер оцениваемого объекта;

$K_{ис}$ – коэффициент использования объекта, определяемый по формуле:

$$K_{ис} = \frac{T_{cy} - T_{пр}}{T_{cy}^{эт}}, \quad (6)$$

где T_{cy} – период существования меньший из двух сравниваемых периодов: до наступления морального износа и срока службы;

$T_{пр}$ – период простоя или та часть периода существования объекта T_{cy} , когда объект находится в состоянии отказа или в процессе восстановления после отказа, или в процессе технического обслуживания;

$T_{cy}^{эт}$ – эталонный период существования, $T_{cy}^{эт} = \min \{T_{ми}^{эт}, T_{сл}^{эт}\}$;

$T_{ми}^{эт}$ – эталонный период времени до наступления морального износа, $T_{ми}^{эт} = \max \{T_{миj}\}$;

$T_{сл}^{эт}$ – эталонный период службы, $T_{сл}^{эт} = \max \{T_{слj}\}$;

G_i – ярусный коэффициент важности, характеризующий важность свойства по отношению к любому другому свойству.

Для объектов, по отношению к которым коэффициент использования смысла не имеет $K_{ис} = 1$. Коэффициенты важности всегда нормированы, т.е. $0 \leq G \leq 1$.

K_{ij} – относительные показатели качества ($0 \leq K_{ij} \leq 1$), определяемые по формуле:

$$K_{ij} = \frac{q_{ij} - q_i^{бр}}{q_i^{эт} - q_i^{бр}}, \quad (7)$$

где $q_i^{эт}$ – эталонное (базовое) значение абсолютного показателя свойств – наилучшее достигнутое в мире значение абсолютного показателя свойств;

$q_i^{бр}$ – браковочное значение абсолютного показателя свойств – ближайшее к $q_i^{доп}$, но худшее значение показателя свойств;

$q_i^{доп}$ – допустимое значение абсолютного показателя свойств – наихудшее, но все же допустимое значение абсолютного показателя свойств;

Q – абсолютный показатель критерия (свойства), количественная характеристика критерия (свойства), определяющая степень его выраженности, проявления в специфической для каждого свойства шкале измерения (например, число книг в публичной библиотеке на одного жителя города).

Из формулы (5) следует, что повышению значения комплексного показателя качества при проведении добровольной сертификации продукции способствует рост значения одного или нескольких относительных показателей качества и/или значения коэффициента использования при условии сохранения неизменными значений коэффициентов важности (весомости).

При этом необходимо отметить, что показатели свойств продукции, на соответствии которым осуществляется добровольная сертификация могут отличаться от показателей, которые улучшаются для обеспечения конкурентоспособности продукции. Однако для повышения конкурентоспособности продукции необходимо повышать качество продукции путем улучшения свойств, в которых заинтересованы потребители. Это также соответствует требованиям стандартов в области качества. В стандартах ИСО серии 9000 отсутствует определение «повышение качества» и приведен термин «улучшение качества» – часть менеджмента качества, направленная на увеличение способности выполнить требования к качеству. Как было указано выше, качество – это степень соответствия совокупности присущих характеристик требованиям, а требования – потребность или ожидание, которое установлено, обычно предполагается или является обязательным. В соответствии со стандартами ИСО серии 9000 эти потребности и ожидания, как правило, отражаются в спецификации на продукцию и обычно считаются требованиями потребителей. Тогда требования к качеству – это совокупность присущих характеристик потребностям или ожиданиям потребителей, которые установлены, обычно предполагаются или являются обязательными, а улучшение качества – это часть менеджмента качества, направленная на увеличение способности обеспечить присущие характеристики в соответствии с потребностями или ожиданиями потребителей, которые установлены, обычно предполагаются или являются обязательными. Таким образом, для повышения конкурентоспособности продукции при проведении добровольной сертификации необходимо не только осуществлять подтверждение соответствия на требования потребителей, но и увеличивать способность обеспечить это соответствие.

Увеличение способности обеспечить соответствие выпускаемой продукции требованиям потребителей приведет к повышению себестоимости продукции за счет проведения необходимых дополнительных мероприятий, таких например, как:

- оптимизация или усовершенствование технологического процесса или разработка и применение нового технологического процесса;

- реорганизация используемого оборудования или закупка нового оборудования;
- повышение компетентности персонала и др.

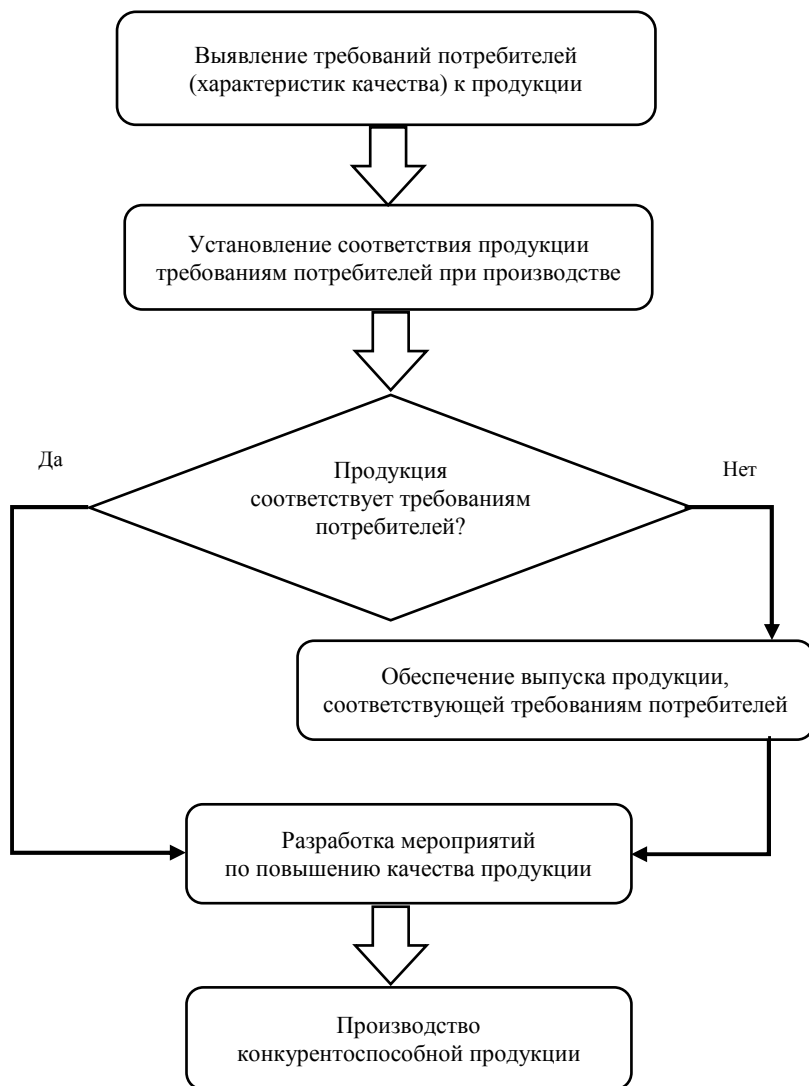


Рис. 2. Механизм повышения конкурентоспособности продукции при проведении добровольной сертификации

Следовательно, для обеспечения конкурентоспособности продукции при проведении добровольной сертификации, увеличение стоимости продукции за счет проведения добровольной сертификации и сопутствующего повышения качества продукции не должно превалировать над удовлетворенностью потребителей качеством продукции.

Таким образом, на основании приведенных выше заключений представим механизм обеспечения повышения конкурентоспособности при проведении добровольной сертификации продукции (рис. 2).

Добровольная сертификация каменноугольного кокса должна осуществляться в рамках системы добровольной сертификации. В настоящее время зарегистрированы в Федеральном агентстве по техническому регулированию и метрологии семь систем добровольной сертификации, в область распространения которых входит нефтяной кокс, в том числе, производство кокса. Системы добровольной сертификации, в рамках которых можно было бы сертифицировать каменноугольный кокс, отсутствуют. Таким образом, возникает необходимость в создании и регистрации такой системы добровольной сертификации.

К свойствам кокса, определяющим его качество, относятся: структура, гранулометрический состав, зольность, пористость, содержание серы, прочность, реакционная способность, количество летучих веществ, насыпная плотность, состав золы и влажность.

При установлении перечня показателей этих свойств, позволяющих оценить качество кокса, необходимо учитывать, что от количества этих свойств зависит стоимость работ по добровольной сертификации. Поэтому количество испытаний, проводимых для целей добровольной сертификации, должно быть минимальным и позволяющим объективно оценить качество кокса.

К участникам системы добровольной сертификации относятся центральный орган, органы по сертификации и испытательные лаборатории. Функции центрального органа по сертификации может выполнять как лицо, зарегистрировавшее систему, так и один из органов по сертификации.

С целью обеспечения достоверности результатов сертификации органы по сертификации и испытательные лаборатории должны быть аккредитованы. Однако для привлечения компетентных испытательных лабораторий в систему добровольной сертификации возможно использование механизма уполномочивания, который успешно применяется другими системами, например, Системой добровольной сертификации продукции nanoиндустрии «Наносертификат».

Сущность этого механизма заключается в привлечении к работе в системе добровольной сертификации неаккредитованных испыта-

тельных лабораторий, компетентность которых должна соответствовать установленным в данной системе требованиям. Перечень минимальных требований к неаккредитованным испытательным лабораториям в соответствии с действующей законодательной документацией для обеспечения компетентности в области оценки качества каменноугольного кокса представлен в таблице 2.

Таблица 2. Перечень требований к испытательным лабораториям для обеспечения компетентности в области оценки качества каменноугольного кокса

№	Требование к испытательной лаборатории	Соответствующий пункт [8]
1	Наличие у работников лаборатории опыта работы, навыков и профессиональных знаний в области испытаний и измерений каменноугольного кокса	п. 19, п. 20, п. 24 б, в
2	Наличие помещений, испытательного оборудования, средств измерений и стандартных образцов, документов в области стандартизации, правил, методов испытаний и измерений, правил отбора образцов	п. 21, п. 24 г, д, е, ж, и
3	Наличие руководства по качеству, содержащего требования к системе менеджмента качества	п. 23, п. 24 а

По состоянию на 31.07.2016 г. в Федеральной службе по аккредитации (Росаккредитация) зарегистрирован один орган по сертификации и семь испытательных лабораторий.

Правила проведения работ по добровольной сертификации каменноугольного кокса должны содержать порядок сертификации, схемы сертификации, формы необходимых документов для проведения добровольной сертификации, порядок проведения апелляций и другие документы, необходимые для обеспечения порядка проведения добровольной сертификации каменноугольного кокса.

Анализ схем сертификации, применяемых при добровольной сертификации продукции свидетельствует о предпочтении в выборе при добровольной сертификации каменноугольного кокса схемы 3дс и 4дс (таблица 3), так как наличие в схемах анализа состояния производства и оценки системы менеджмента позволит обеспечить относительную стабильность качества каменноугольного при производстве.

**Таблица 3. Типовые схемы сертификации продукции, рекомендуемые
для применения при добровольной сертификации продукции**

Номер схемы и обо- значе- ние	Подтверждение соответствия		Инспекцион- ный контроль	Условия применения
	Исследова- ние, испыта- ние продук- ции	Оценка производства (системы качества)		
1сд	Испытания образцов продукции	Анализ со- стояния про- изводства	-	Показатели про- дукции малочув- ствительны к про- изводственным факторам
2сд	Испытания образцов продукции	-	Испытания образцов продукции	Показатели про- дукции чувстви- тельны к произ- водственным фак- торам
3сд	Испытания образцов продукции	Анализ со- стояния про- изводства	Испытания образцов продукции	Показатели про- дукции чувстви- тельны к произ- водственным факторам; резуль- таты испытаний типового образца не могут дать дос- таточной уверен- ности в стабильно- сти подтвержден- ных показателей
4сд	Испытания образцов продукции	Оценка сис- темы качест- ва	Испытания образцов продукции	Показатели про- дукции чувстви- тельны к произ- водственным фак- торам; результаты испытаний типо- вого образца не могут дать доста- точной уверенно- сти в стабильности подтвержденных показателей

В настоящее время принят целый ряд национальных стандартов, обеспечивающий типовой нормативно-методической документацией проведение добровольной сертификации продукции. Поэтому основной задачей разработки документации с целью добровольной сертификации является адаптация данных требований применительно к требованиям к каменноугольному коксу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жариков, В.В. Повышение качества машиностроительной продукции: методы, резервы и механизмы: дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.05 / Жариков Валерий Викторович. – Тамбов, 2006. – 398 с.
2. Колесов, И.М. Качество и экономичность продукции / И.М. Колесов, Н.А. Сычева // Стандарты и качество. – 2001. – № 9. – С. 34-37.
3. Лифиц, И.М. Формирование и оценка конкурентоспособности товаров и услуг. – М.: Юрайт-Издат, 2004. – 335 с.
4. Зайцев, Н.А. Экономика организации. – М.: «Экзамен», 2000. – 768 с.
5. Еремекбаева, Е.Ш. Добровольный сертификат – «козырный туз» в руках производителя // Методы оценки соответствия. – 2009. – № 4. – С. 9-10.
6. Азгальдов, Г.Г. Квалиметрия для всех: Учеб. пособие / Г.Г. Азгальдов, А.В. Костин, В.В. Садов. – М.: ИД ИнформЗнание, 2012. – 165 с.
7. Комлев, Е.Е. Анализ конкурентоспособности товаров // Маркетинг в России и за рубежом. – 2000. – № 3. – С. 45-49.
8. Об утверждении критериев аккредитации, перечня документов, подтверждающих соответствие заявителя, аккредитованного лица критериям аккредитации, и перечня документов в области стандартизации, соблюдение требований которых заявителями, аккредитованными лицами обеспечивает их соответствие критериям аккредитации. Приказ Министерства экономического развития РФ от 30 мая 2014 г. N 326.

**РАЗРАБОТКА ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ КИСЛЫХ СТОКОВ
ПАО «СЛАВНЕФТЬ–ЯНОС» АКТИВИРОВАННЫМ УГЛЕМ,
ПОЛУЧЕННЫМ В ХОДЕ КОКСОВАНИЯ
ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЯНЫХ ОСТАТКОВ**

М.С. Белинов, А.В. Белян, М.А. Червочкин,

Научный руководитель - **В.В. Соловьев,**
канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Разработан и предложен процесс очистки кислых стоков ПАО «Славнефть-ЯНОС» активированным углем, полученным в ходе коксования тяжелых нефтяных остатков на установке, ввод которой планируется на предприятии в ближайшее время.

Ключевые слова: установка коксования, сернисто-щелочные стоки, активированный уголь, адсорбция

**DEVELOPMENT OF THE PROCESS OF PURIFICATION
OF ACIDIC EFFLUENTS OF «SLAVNEFT – YANOS» WITH
ACTIVATED CARBON OBTAINED DURING COKING
OF HEAVY OIL RESIDUES**

M.S. Belinov, A.V. Belyan, M.A. Chervochkin,

Scientific Adviser - **V.V. Solovyov,** Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The process of purification of acidic effluents of Slavneft-YANOS with activated carbon obtained during coking of heavy oil residues at the installation, the commissioning of which is planned at the enterprise in the near future, has been developed and proposed.

Key words: coking plant, sulfur-alkaline effluents, activated carbon, adsorption

Планируемый ввод в эксплуатацию на Ярославском ПАО «Славнефть-ЯНОС» установки коксования тяжелых нефтяных остатков производительностью 3,5 млн. т в год ставит перед предприятием ряд проблем как по стандартизации, метрологическому обеспечению, оценке соответствия и управления качеством будущей продукции, так и возможных перспектив развития этого нового коксохимического направления, продукты которого могут быть использованы и в смежных областях собственного производства [1]. Это связано с тем, что любое увеличение производства на ПАО «Славнефть-ЯНОС» неизбежно предполагает резкий рост сернисто-щелочных и иных технологических стоков, образующихся в ходе уже имеющихся и новых химико-технологических процессов. Для их нейтрализации и окисления сульфидной серы, а также содержащейся в смеси сернисто-щелочных стоков и технологических конденсатов иных вредных химических продуктов, на предприятии ПАО «Славнефть-ЯНОС» имеется установка частичной переработки таких стоков, производительность которой составляет до 35 м³/час [2]. При росте производства количество сернисто-щелочных стоков должно резко увеличиться, поэтому на предприятии, уже сегодня ведутся работы по модернизации данной установки. Однако технологические решения в этой области практически остаются прежними. Значительный рост мощности решается только за счет увеличения объемов имеющегося оборудования, а также за счет ввода в эксплуатацию дополнительной колонны разделения менее токсичных продуктов по сравнению с исходными.

Поэтому проблемы по будущей стандартизации, метрологическому обеспечению, оценке соответствия и управления качеством будущего коксохимического продукта, с учетом утилизации нарастающего потока сернисто-щелочных стоков является серьезной проблемой для предприятия. В настоящей работе авторы предлагают кардинально изменить схему очистки сточных вод за счет частичного использования получающейся продукции установки коксования – нефтехимического кокса (технического образца активированного угля) в качестве адсорбента в процессе комплексной переработки отходов. Это связано с тем, что ужесточение требований к качеству сбрасываемых вод требует применения наиболее эффективных и современных методов их очистки, одним из которых является адсорбция загрязнений активированным углем. Известно, что он обладает способностью поглощать вещества, ухудшающие эффективность очистки всеми известными традиционными методами и приемами, приводя к быстрому решению сложных технологических проблем, связанных со стандартизацией и оценке соответствия качества будущей продукции.

Предварительные исследования адсорбционной очистки всех основных образцов сточных вод ПАО «Славнефть-ЯНОС», проведенные авторами настоящей работы, показали, что в 70 % случаев общее содержание органического углерода снижается на 85–90 %, практически в 99 % случаев степень окраски сточных вод уменьшается на 90–95 %, а содержание иных примесей органических соединений нефти и нефтепродуктов понижается на 95–99 %.

Известно, что адсорбция активированным углем применяется в качестве самостоятельной стадии очистки и совмещено с физико-химической или биохимической обработкой [3]. Поэтому на первом этапе исследований была проверена эффективность биофизической (т.е. совмещенной биохимической и адсорбционной) очистки стоков НПЗ путем ввода порошкообразного угля в систему до аэратора, непосредственно в него или в линию возврата конденсата. Во всех случаях использование угля способствовало снижению химического и биохимического потребления кислорода, а также концентрации нефтепродуктов и иных вредных примесей в стоках. Дальнейшими исследованиями было установлено, что применение порошкообразного угля способствует также извлечению соединений азота, фосфора, цинка (если такие имеются или будут находиться в сточных водах процесса коксования). Также было показано, что в сочетании с обработкой медным купоросом, адсорбция может снижать в сточных водах содержание цианидов с 1,0 до 0,05 мг/л, которые могут содержаться в продуктах коксования. В ходе дальнейших исследований было установлено, что замена традиционной очистки сернисто-щелочных стоков на ПАО «Славнефть-ЯНОС» процессом адсорбции, позволяет снизить химическое потребление кислорода (ХПК) на 55–65 %, биохимическое потребление кислорода (ВПК) на 20–25 %, содержание твердых взвесей на 40–45 %. Благодаря адсорбции детергентов такая обработка обеспечивает снижение вспенивания в аэраторах и соответственно уменьшает энергозатраты.

При этом значительных капитальных вложений и дополнительных площадей не требуется, дозировка угля легко корректируется, успешно преодолеваются трудности обезвреживания стоков, обедненных кислородом.

Благодаря разработанному процессу регенерации, активность угля снижается медленнее, чем при адсорбции загрязнений в плотном слое. Порошкообразный уголь примерно вдвое дешевле гранулированного. К тому же в данном процессе, как показали предварительные исследования, в качестве адсорбента можно использовать углеродные продукты процесса коксования. Однако переработка всех сернисто-

щелочных стоков предприятия ПАО "Славнефть-ЯНОС" после установок ЭЛОУ-АТ-4, ВТ-3, АВТ-3, АВТ-4, секции 100 установки производства метил трет-бутилового эфира (МТБЭ) встречает трудности, связанные с низкой концентрацией (50 %) твердой фазы. Истирание, унос с водой и газами регенерации увеличивают потери угля. В этой связи был предложен усовершенствованный метод адсорбции на гранулированном угле в колонных аппаратах, обеспечивающий надежность, компактность оборудования и возможность автоматизации. Адсорбция в таком плотном слое может быть использована также при очистке стоков в фильтрах, которые установлены на установке КЩС на предприятии, однако из-за длительных пробегов адсорбента фильтрация обеспечивает извлечение токсичных соединений лишь в течение нескольких недель после его загрузки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Валявинд, Г.Г. Перспективы развития процесса замедленного коксования в РФ и нетрадиционное направление использования нефтяного кокса / Г.Г. Валявин, В.П. Запорин, С.В. Сухов, Р.Г. Габбасов, В.С. Загайнов, М.И. Стуков // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. – 2011. – № 6. – С. 22-24.
2. Олейник, И.Л. Влияние состава сырья процесса замедленного коксования на качество получаемых жидких и твердых продуктов / И.Л. Олейник, В.А. Рудко, Н.К. Кондрашева // Наукоемкие технологии функциональных материалов: тезисы докладов III международной научно-технической конференции. – Спб.: Из-во СПбИКиТ, 2016. – С. 71-72.
3. Активированные угли URL: <http://xn--80aadc3b1ava.xn--p1ai/poleznyestati/aktivirovannye-ugli.html>

ОРГАНИЗАЦИЯ ИСПЫТАНИЙ ЛИТЕЙНОГО КОКСА НА ОСНОВЕ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Д.И. Казюлина, В.А. Иванова

Научный руководитель – **В.А. Иванова**, д-р техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Проведен анализ существующих методов испытаний литейного кокса на определение массовой доли общей влаги. Предложен способ усовершенствования существующего метода испытаний. Проведено планирование эксперимента для определения массовой доли общей влаги в литейном коксе по предложенному методу.

Ключевые слова: литейный кокс, массовая доля общей влаги, планирование эксперимента, методика испытаний

ORGANIZATION OF FOUNDRY COKE TESTING ON THE BASIS OF EXPERIMENT PLANNING

D.I. Kazyulina, V.A. Ivanova

Scientific Adviser - **V.A. Ivanova**, Doctor of Technical Sciences,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The analysis of existing methods for testing foundry coke to determine the mass fraction of total moisture was carried out. A method for improving the existing test method is proposed. An experiment was planned to determine the mass fraction of total moisture in foundry coke according to the proposed method.

Key words: foundry coke, mass fraction of total moisture, experiment planning, test procedure

Согласно ГОСТ 3340-88 [1] одним из показателей качества литейного кокса является массовая доля общей влаги в рабочем состоянии топлива в процентах. Для любой марки и любой крупности массовая доля общей влаги должна составлять не более 5 %, кроме кокса сухого тушения – для него массовая доля общей влаги не нормируется

и не определяется [1]. Также ГОСТ 3340-88 [1] определяет условия транспортирования, транспортируется кокс насыпью в открытых железнодорожных вагонах. Хранится кокс на шихтовом дворе (в ангаре или на открытом воздухе). Кокс с высоким содержанием массовой доли общей влаги при транспортировке в зимнее время смерзается, что затрудняет его выгрузку из вагонов [2]. С увеличением этого показателя насыпная плотность кокса уменьшается. Это обусловлено силами поверхностного натяжения воды, препятствующими плотной упаковке частиц. Например, для нефтяного кокса определено, что насыпная плотность принимает минимальное значение при влажности 8–10 %, что соответствует условиям погрузки кокса из склада в вагоны. При этом производительность вагона снижается на 20–25 % [3].

Массовая доля общей влаги в коксе не постоянна – она колеблется в зависимости от времени года, завода-производителя, условий транспортировки, влажности воздуха и оказывает большое влияние на плавку:

- 1) повышает расход тепла на испарение влаги, как следствие – понижает температуру колошниковых газов;

- 2) повышает расход кокса;

- 3) приводит к колебанию содержания углерода – изменение массовой доли общей влаги в коксе отражается на содержании углерода в единице массы кокса, поэтому, в случае подачи кокса по весу, колебания содержания углерода в каждой подаче могут сказаться на тепловом состоянии печи [4] и её производительности;

- 4) приводит к нестабильности химического состава чугуна.

ГОСТ 27588-2020 [5] содержит требования к определению общей влаги в коксе путем высушивания навески кокса в воздушной среде при температуре 200 °С до постоянной массы и определению потери ее массы в процентах. При этом определение массовой доли общей влаги проводят по лабораторной пробе с размером частиц от 0 до 13 мм, подготовленной в соответствии с ГОСТ 23083-78 [6].

По ГОСТ 23083-78 [6] подготовка пробы заключается в дроблении, сокращении, сушке, измельчении и делении пробы. Аналитические же пробы требуют измельчения до размера частиц не более 3 мм, а затем после просушки и измельчения до размера частиц не менее 0,25 мм. То есть определение массовой доли общей влаги кокса любой крупности и любой марки заключается в определении влажности порошка-пробы. Но крупные куски кокса, в сравнении с мелкими, содержат в среднем меньше влаги [4], т.к. мелкие куски имеют большую удельную поверхность (усреднённая характеристика размеров внутренних полостей (каналов, пор) пористого тела).

В нормативных документах не определена зависимость между массовой долей общей влаги в порошке-пробе и массовой долей общей влаги кускового кокса. Поэтому целесообразно провести эксперимент по определению массовой доли общей влаги именно кускового кокса различной крупности. Экспериментальные исследования будут проведены по следующей методике [7]. Образцы литейного кокса помещают на открытый воздух для имитации хранения на шихтовом дворе. Во время выдержки образцов литейного кокса проводят анализ влажности окружающей среды и наличия интенсивности осадков по данным метеослужб. Во время эксперимента производят замер массы образцов и сопоставляют её изменения с динамикой влажности окружающей среды. В итоге получают значение общей влаги и зависимость между содержанием влаги в коксе и влажностью окружающей среды. Но для получения наиболее точных результатов предварительная выдержка и последующая имитация хранения на шихтовом дворе будет проведена в условиях камеры для климатических испытаний на ПАО "Ярославский радиозавод".

Для этого необходимо отобрать образцы не менее трех партий кокса классов крупности 40–60 мм, 60–80 мм и более 80 мм у предприятий Ярославской области, соответствующие требованиям ГОСТ 3340-88 [1] или ТУ 0761-027-00187852-10 [8]. При определении условий тестирования целесообразно учитывать реальные климатические условия региона – динамику изменения температуры и влажности в течение года. Таким образом, при планировании эксперимента учтены четыре параметра с различным количеством значений, от трех до семи (таблица 1):

Таблица 1. Параметры эксперимента для определения массовой доли общей влаги литейного кокса

Поставщик (1)	Крупность, мм (2)	Влажность окружающей среды, % (3)	Температура окружающей среды, °С (4)
1	40-60	85	-30
			-20
2	60-80	75	-10
			0
3	80 и более	65	+10
			+20
		55	+30

Исходя из данных таблицы 1, для всех возможных комбинаций необходимо 252 вариации – число сочетаний без повторений всех значений четырех выделенных параметров. Но метод попарного тестирования [9,10] позволяет получить репрезентативные результаты со значительно меньшим количеством вариаций. Его суть заключается в создании массива тестов, в котором учтены все возможные пары переменных и значений (таблица 2).

**Таблица 2. Результаты планирования эксперимента
для определения массовой доли общей влаги литейного кокса**

№	(1)	(2)	(3)	(4)	№	(1)	(2)	(3)	(4)
1	1	40-60	55 %	0 °C	6	3	80 <	85 %	30 °C
2	2	80 и <	55 %	10 °C	7	3	40-60	75 %	-30 °C
3	2	60-80	75 %	30 °C	8	3	60-80	65 %	-20 °C
4	2	80 и <	65 %	-30 °C	9	3	80 <	85 %	-10 °C
5	2	40-60	85 %	-20 °C	10	3	40-60	75 %	0 °C
11	3	60-80	55 %	20 °C	16	1	40-60	55 %	30 °C
12	1	40-60	65 %	-10 °C	17	1	60-80	85 %	-30 °C
13	1	60-80	85 %	0 °C	18	1	80 и <	75 %	-20 °C
14	1	80 и <	75%	10 °C	19	2	60-80	75 %	20 °C
15	1	40-60	65 %	20 °C	20	2	80 и <	65 %	30 °C
21	2	40-60	55 %	-30 °C	26	3	60-80	65 %	10 °C
22	2	60-80	75 %	-10 °C	27	3	80 и <	85 %	20 °C
23	2	80 и <	65 %	0 °C	28	3	40-60	75 %	30 °C
24	2	40-60	85 %	10 °C	29	3	60-80	65 %	-30 °C
25	3	80 и <	55 %	-20 °C	30	1	40-60	75 %	10 °C
31	1	60-80	85 %	30 °C					
32	1	80 и <	75 %	-30 °C					
33	1	40-60	65 %	-20 °C					
34	1	60-80	55 %	-10 °C					
35	1	80 и <	85 %	0 °C					

Применение метода попарного тестирования позволяет сократить количество тестов до 35. В результате предполагается установить зависимость влажности литейного кокса от влажности и температуры окружающей среды и сравнить этот показатель у литейного кокса различной крупности.

В ходе организации испытаний литейного кокса для определения массовой доли общей влаги был проведен анализ методов испытаний литейного кокса, установлена необходимость и разработана методика проведения испытаний для определения общей влаги литейного кокса. В результате проведения эксперимента также будут предложены способы увеличения эффективности плавки, зависящие от влажности литейного кокса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 3340-88. Кокс литейный каменноугольный. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 6 с.
2. Бендеров, Д.И. Процесс замедленного коксования в не обогреваемых камерах. – М.: Химия, 1976. – 176 с.
3. Сюняев, З.И. Производство, облагораживание и применение нефтяного кокса. – М.: Химия, 1973. – 296 с.
4. Шелков, А.К. Справочник коксохимика. В 6 т. Т. 2. – М.: Metallurgia, 1965. – 288 с.
5. ГОСТ 27588-2020 (ISO 579:2013) Кокс каменноугольный. Метод определения общей влаги. – М.: Стандартинформ, 2020. – 8 с.
6. ГОСТ 23083-78 Кокс каменноугольный, пековый и термоантрацит. Методы отбора и подготовки проб для испытаний (с Изменениями № 1, 2, 3). – М.: Стандартинформ, 2007. – 11 с.
7. Иванова, В.А. Влияние влажности окружающей среды на влажность литейного кокса / В.А. Иванова, Е.О. Шамина // Химия твердого топлива. – 2018. – № 6. – С. 46–50.
8. ТУ 0761-027-00187852-10. Кокс литейный каменноугольный. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2010. – 13 с.
9. Black, Rex. Pragmatic Software Testing: Becoming an Effective and Efficient Test Professional. New York: Wiley, 2007. – 240 p.
10. Kuhn, D. Practical Combinatorial Testing / D. Kuhn, Richard, Kacker, N. Raghun, Yu Lei. – 2010. – SP 800-142.

ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ ЛИТЕЙНОГО КОКСА В ПРОЦЕССЕ ЗАГРУЗКИ ВАГРАНКИ

Н.А. Костенко

Научный руководитель – **Е.О. Побегалова**,
канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Проведен анализ методов испытаний для оценки прочности литейного кокса в процессе загрузки вагранки. Предложен метод испытаний, позволяющий оценить прочность литейного кокса в процессе загрузки в вагранку металлической части шихты, представлено разработанное испытательное оборудование.

Ключевые слова: испытательная установка, литейный кокс, метод испытаний, прочность, испытания

EVALUATION OF THE STRENGTH OF FOUNDRY COKE IN THE PROCESS LOADING THE CULA

N.A. Kostenko

Scientific Adviser – **E.O. Pobegalova**,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The analysis of test methods for assessing the strength of foundry coke in the process of loading the cupola was carried out. A test method is proposed that makes it possible to evaluate the strength of foundry coke during loading of the metal part of the charge into the cupola, and the developed test equipment is presented.

Key words: testing facility, foundry coke, test method, strength, tests

Под качеством в соответствии с требованиями серии международных стандартов ИСО 9000 понимается степень соответствия существующих объекту характеристик требованиям [1, 2].

Номенклатура характеристик, по которым принято оценивать качество литейного кокса, установлена в межгосударственном стан-

дарте ГОСТ 3340-88 [2], а также в различных ТУ. Несмотря на это, потребители недовольны качеством литейного кокса и одной из причин является несоответствие существующих методов оценки реальным условиям, в которых находится литейный кокс.

Загрузка вагранки – один из этапов жизненного цикла литейного кокса, влияющий на изменение его качества [3]. В процессе загрузки литейный кокс испытывает ряд ударных нагрузок. К ним относятся как ударные воздействия, которым подвергается литейный кокс при падении в шахту вагранки, так и ударные воздействия оказываемые падающими на литейный кокс элементами металлической части шихты.

Проведенный анализ условий загрузки вагранки свидетельствует о том, что ключевым разрушающим фактором, влияющим на гранулометрический состав и дренажную способность насыпной массы, является падение металлической части шихты на литейный кокс [4, 5]. Это объясняется тем, что высота падения кокса в шахту вагранки составляет не более 1,5–2,0 метров [6-8]. Для определения прочности литейного кокса в указанных условиях существует стандартный метод испытаний, установленный в ГОСТ 28946-2020 (ISO 616:1995).

Для определения прочности кокса на сбрасывание из партии отбирают пробу с размером кусков 50 мм и более. После определения гранулометрического состава пробы ее помещают в ящик 1, после чего ящик поднимают на высоту 1830 мм и открывают. Проба кокса падает на стальную плиту 2 (рис. 1). Операцию повторяют еще три раза. После проведения испытаний литейный кокс просеивается на комплекте сит с квадратными отверстиями. По результатам испытаний определяют индексы сбрасывания по формуле (1), а также среднюю величину кусков до и после испытаний:

$$S_x = \frac{m_1}{m_2} \cdot 100, \quad (1)$$

где m_1 – кумулятивная масса, если кокс после сброса остался на всех ситах номинального размера отверстий, равным или превышающим x мм;

m_2 – общая масса испытываемой порции при взвешивании после испытания.

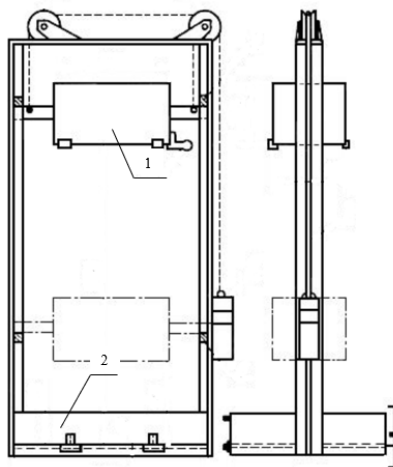


Рис. 1. Аппарат для испытания прочности кокса на сбрасывание:
1 – ящик; 2 – стальная плита

Стандартного метода испытаний для оценки прочности литейного кокса в процессе загрузки в вагранку металлической части шихты на данный момент не существует. В этой связи в ЯГТУ разработана экспериментальная испытательная установка (рис. 2).

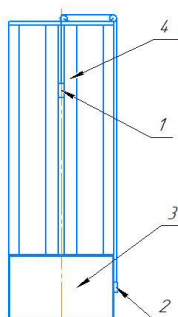


Рис. 2. Схема испытательной установки для оценки прочности литейного кокса в процессе загрузки вагранки: 1 – груз; 2 – лебедка; 3 – ящик с образцом литейного кокса; 4 – труба

Конструкция разработанной испытательной установки предполагает возможность регулирования высоты падения груза от 0,4 до

1,6 м, а также его массы от 5 до 30 кг. Выбор таких параметров связан с особенностями подготовки шихты на предприятиях литейного производства. В металлическую шихту могут входить чушки чугуна, стальной и чугунный лом, вторичные металлы. Размеры лома не должны превышать 250х200х100 мм, а вес – не более 35 кг. Вторичные материалы рекомендуется делить на части, не превышающие одной трети диаметра вагранки, при этом максимально допустимый вес 50 кг. При подготовке шихты рекомендуется чушки чугуна делить на две-три части, лом разбивать на куски, не превышающие 10–15 кг. Высота падения металлической части шихты не должна превышать 1,2 м [6-8].

Разработанная установка включает в себя стальную трубу 4 (см. рис. 2) с внутренним диаметром 150 мм, закреплённую на раме с помощью двух стальных листов. Высота трубы составляет 2 м, прямоугольной рамы 2, размерами 300х500х500 мм, закрытой экранами в целях безопасности, что так же препятствует вылету мелких кусков литейного кокса, образовавшихся в результате удара, стального ящика 3 с размерами 300х300х300 мм, лебедки и крепежного механизма 1.

Методика испытаний предусматривает сбрасывание на неподвижно закрепленный образец литейного кокса груза массой от 5 до 30 кг с высоты от 400 до 1600 мм. Массу образца определяют до и после испытаний, а также гранулометрический состав. Для оценки прочности литейного кокса при загрузке в вагранку был введен показатель P_p , который определяется по формуле (%)

$$P_p = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_3} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где P_p – показатель разрушения литейного кокса при загрузке вагранки, %;

m_1 – контейнера с образцом до испытаний, г;

m_2 – контейнера с образцом после испытаний, г;

m_3 – масса контейнера, г.

Гранулометрический состав определяли в соответствии с требованиями ГОСТ 5954.1-91.

Погрешность измерения показателя прочности P_p рассчитывается в соответствии с МИ 2083-90 [9]. Точность определения гранулометрического состава обеспечивается соблюдением методики, установленной в ГОСТ 5954.1-91 [14]. Результаты предварительных испытаний представлены в таблице 1.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что литейный кокс различных партий разрушается неодинаково. Степень разруше-

ния литейного кокса партии 1, в среднем приблизительно, в три раза меньше степени разрушения литейного кокса партии 2.

**Таблица 1. Результаты пробной серии испытаний
при массе груза 10 кг и 20 кг и высоте падения 400 мм**

Класс крупности, мм	№ партии	Масса груза, кг	
		10	20
		Показатель разрушения P_p , %	
60–80	1	0,16	0,32
	2	0,38	0,32
80 и более	1	0,092	0,02
	2	0,13	0,16

Разработанная испытательная установка и метод испытаний позволяет не только оценить прочность литейного кокса, но и исследовать механизмы разрушения литейного кокса в процессе загрузки в вагранку металлической части шихты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р ИСО 9000-2015. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. – М.: Стандартинформ, 2019. – 48 с.
2. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Системы менеджмента качества. Требования. – М.: Стандартинформ, 2018. – 23 с.
3. Побегалова, Е.О. Разработка жизненного цикла литейного кокса / Е.О. Побегалова, В.А. Иванова, Н.А. Костенко // Литейщик России. – 2020. – № 12. – С. 13-17.
4. ГОСТ 28946-2020 (ИСО 616-77). Кокс каменноугольный. Метод определения прочности на сбрасывание. – М.: Изд-во стандартов, 2020. – 9 с.
5. ГОСТ 5953-2020 (ИСО 556-80) Кокс с размером кусков 20 мм и более. Определение механической прочности. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2020. – 12 с.
6. Чернышов, Е.А. Плавильные печи литейных цехов. Ч. 1. Вагранка: учеб. пособие. – Н.Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2011. – 196 с.
7. Матюхин, В.И. Ваграночный процесс плавки чугуна: учеб. пособие / В.И. Матюхин, В.В. Мадисон, В.Б. Поль, С.В. Брусницын, И.А. Вайс. – Екатеринбург: ГОУ ВПО «Уральский государственный технический университет-УПИ», 2003. – 158 с.
8. Нефедов, П.Я. Качество и эффективность использования литейного кокса в вагранках / П.Я. Нефедов В.М., Страхов // Кокс и химия. – 2003. – № 7. – С. 16-26.
9. МИ 2083-90 ГСИ. Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 10 с.
10. ГОСТ 5954.1-91. Кокс. Ситовый анализ класса крупности 20 мм и более. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 11 с.

АНАЛИЗ СТАНДАРТИЗАЦИИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАМЕННОУГОЛЬНОГО КОКСА

В.А. Иванова, д-р техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Проведен анализ метрологического обеспечения испытаний каменноугольного кокса с целью получения достоверной информации о его качестве. Установлены методы испытаний, необходимые для оценки качества литейного кокса товарной крупности.

Ключевые слова: метрологическое обеспечение, каменноугольный кокс, стандартизация

ANALYSIS OF STANDARDIZATION OF METROLOGICAL SUPPLY OF COAL COKE

V.A. Ivanova, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The analysis of the metrological support of tests of coal coke was carried out in order to obtain reliable information about its quality. The test methods necessary for assessing the quality of foundry coke of commercial size have been established.

Key words: metrological support, coal coke, standardization

Для оценки качества каменноугольного кокса большое значение имеет метрологическое обеспечение испытаний и измерений. Условия испытаний каменноугольного кокса должны быть максимально приближены к условиям его эксплуатации, т.к. только в таком случае результаты испытаний можно использовать для оценки качества кокса.

Проведем анализ метрологического обеспечения испытаний на примере литейного кокса с целью возможности получения достоверной информации о его качестве.

К элементам метрологического обеспечения измерений в соответствии с требованиями ГОСТ Р 8.892-2015 «Государственная система обеспечения единства измерений. Метрологическое обеспечение. Анализ состояния на предприятии, в организации, объединении» относят:

- эталоны, единицы величин и шкалы измерений;
- поверочные и калибровочные установки;
- средства измерений, стандартные образцы;
- вспомогательное оборудование;
- методики (измерений, поверки, калибровки, испытаний, контроля, аттестации, метрологической экспертизы);
- операторы (специалистов, выполняющих измерения, поверителей, калибровщиков, испытателей и др.);
- условия измерений (испытаний, поверки, калибровки и др.).

Перечисленные элементы включают в методики измерений, испытаний, контроля, в которых приводят описание условия измерений и испытаний.

В соответствии с требованиями ГОСТ Р 51672-2000 «Метрологическое обеспечение испытаний продукции для целей подтверждения соответствия. Основные положения» метрологическое обеспечение испытаний каменноугольного кокса – это установление и применение научных и организационных основ, технических средств, метрологических правил и норм, *необходимых для получения достоверной измерительной информации* о значениях показателей качества, а также о значениях характеристик воздействующих факторов и (или) режимов функционирования объекта при испытаниях, других условий испытаний.

Свойства кокса оказывают значительное влияние на свойства выплавляемого чугуна (таблица 1), а также на энергоэффективность плавки, расход кокса на 1 тонну выплавленного чугуна.

Таблица 1. Влияние свойств кокса на свойства чугуна и энергоэффективность плавки

Доменный чугун, литейный чугун (доменная печь)	Литейный чугун (коксовая вагранка)
Содержание углерода, %	Содержание углерода, %
Содержание серы, %	Содержание серы, %
Содержание кремния, %	Содержание кремния, %
Кг кокса/ тонну жидкого чугуна	Кг кокса/ тонну жидкого чугуна
	Температура чугуна, °С

В таблице 2 представлены показатели свойств, определяющих качество литейного кокса и стандартные методики их определения.

**Таблица 2. Основные показатели свойств литейного кокса
и методы их определения**

Свойство	Показатель	Методы определения
Содержание серы	Массовая доля общей серы S_t^d , %	ГОСТ 2059-95
Гранулометрический состав	Выход класса крупности, γ , %	ГОСТ 2093-82
Влажность	Массовая доля общей влаги W_t^r , %	ГОСТ 27588-2020 ГОСТ 27589-2020 ГОСТ 8.530-85
Пористость (РС)	Кажущаяся пористость $П_k$, %	ГОСТ 10220-82
Зольность	Зольность аналитической пробы A^d , %	ГОСТ Р 55661-2013
Макроструктура (РС)	Удельное электрическое сопротивление ρ , Ом·м	ГОСТ 4668-75
Макроструктура (Пр)	Количество макропор и межпорового пространства определенного размера на единице длины поверхности кокса, %	Отсутствует
Реакционная способность	Показатель реакционной способности кокса по отношению к двуокиси углерода CRI, %	ГОСТ Р 54250-2010 ГОСТ 32248-2013
Прочность	Микум-показатель M_{40} (показатель дробимости), % Выход класса крупности более 40 мм, M_{40} Выход класса крупности более 10 мм, M_{10} Индекс сбрасывания S_x	ГОСТ 5953-2020 ГОСТ 28946-2020 ГОСТ 8929-2020
Количество летучих веществ	Выход летучих веществ V^d , %	ГОСТ Р 55660-2013
Насыпная плотность (НП)	Насыпная плотность BD^2 , кг/м ³	ГОСТ Р 54251-2010
Состав золы	Химический состав золы, %	ГОСТ 32984-2014 ГОСТ Р 54237-2010 ГОСТ 55879-2013
Крупность	Гранулометрический состав, d_{cp} , мм	ГОСТ 5954.1-2020

Методы определения общей серы, которые могут применяться для литейного кокса, отличаются условиями проведения испытаний и точностью. При определении содержания общей серы по

ГОСТ 2059-95 сходимость составляет 0,05 %, воспроизводимости 0,10 %. Поскольку при производстве чугуна в вагранке допускается использование литейного кокса с содержанием общей серы от 0,6 % (КЛ-1) до 4 % (КЛ-3) нет необходимости использовать методы с высокой точностью. В этой связи для контроля содержания общей серы в литейном коксе этот метод применим.

Гранулометрический состав в соответствии с ГОСТ 2093-82 определяется ситовым методом и показывает количество различных классов крупности в партии. При этом средний размер кусков в партии не дает представления о том, каких классов крупности больше или меньше. В ГОСТ 3340-88 гранулометрический состав установлен в виде массовой доли кусков размеров менее 40 мм, который составляет не более 5 %. Таким образом, получается, что 95 % в партии кокса таких классов крупности 40-60, 60-80, 80 и более мм. В этой связи выход классов крупности (γ , %) является предпочтительным по отношению к другим показателям, однако при этом для плавки чугуна в вагранке важно знать величину этого показателя для каждого класса крупности.

Влажность кокса определяется по трем стандартам. ГОСТ 27588-2020 позволяет определить влажность кокса с размерами частиц 0-13 мм, а ГОСТ 27589-2020 применяется для определения влажности в аналитической пробе, предназначенной для определения других показателей. Именно требования ГОСТ 27588-2020 рекомендуются при определении показателей качества литейного кокса по ГОСТ 3340-88. ГОСТ 8.530-85 предполагает определение влажности доменного кокса массой от 2 до 12 т. Однако для литейного производства предпочтителен кокс крупных размеров, а в какой мере данный метод позволяют объективно оценить влажность именно крупного литейного кокса не известно.

Кажущаяся пористость (P_k , %) определяется в соответствии с одним ГОСТ 10220-82. Сущность метода заключается в определении объема открытых пор и общего объема испытуемой пробы товарной крупности. Данный метод позволяет объективно определить общий объем пор кокса, поэтому может применяться для оценки качества литейного кокса.

Для определения зольности литейного кокса в настоящее время применяется стандарт ГОСТ Р 55661-2013. Сущность метода заключается в сжигании при свободном доступе воздуха аналитической пробы кокса массой 1 г с размером частиц менее 212 мкм и прокаливании зольного остатка при температуре 815 °С. При измерении влажности литейного кокса, зольность которого, как правило, более 10 % повто-

ряемость метода составляет 2,0 %, а воспроизводимость – 3,0 %. Метод позволяет оценить содержание золы в литейном коксе.

Величина электросопротивления кокса может служить для оценки структуры кокса. Сущность метода по ГОСТ 4668-75 заключается в измерении падения напряжения на участке столбика пробы кокса объемом $(4,3 \pm 0,1)$ мл с крупностью зерен 0,315–0,400 мм, находящегося в матрице между двумя пуансонами под давлением 6,12 МПа при прохождении постоянного тока 0,5 А. Однако данный метод не дает реальную картину структуры кокса, так как проба не только измельчается, но и прессуется. В этой связи необходимо применение других методов определения электросопротивления, позволяющих оценить качество литейного кокса.

Стандартный метод, позволяющий определить макроструктуру кокса со всеми метрологическими характеристиками, в настоящее время отсутствует, не смотря на трудоемкость, метод определения распределения размеров пор и межпорового пространства на единице поверхности образцов литейного кокса не только может успешно применяться в научных исследованиях, но и для оценки качества литейного кокса.

Реакционная способность определяется двумя методами по ГОСТ Р 54250-2010, ГОСТ 32248-2013 (CRI, %) (см. табл. 2). Для испытаний применяется проба кокса с размером частиц 19,0–22,4 и 25 мм и более, температура испытаний 1100 °С, нагрев в течение 30–40 минут, время проведения испытаний 120 мин, скорость подачи диоксида углерода $(5 \pm 0,25)$ дм/мин и 5 дм/мин соответственно при определении показателей (CRI, %). Данные условия испытаний не соответствуют условиям ведения плавки чугуна в вагранке, главным образом, по крупности.

Известно, что реакционная способность кокса влияет на технико-экономические показатели плавки чугуна, в том числе расход кокса [1, 2]. Реакционная способность кокса, как было указано ранее, зависит от свойств самого кокса – зольности, выхода летучих веществ и индекса основности золы (состава золы). Кроме того, на величине реакционной способности кокса отражается способ тушения, например, реакционная способность для кокса НТМК сухого тушения ниже, чем мокрого в 1,5 раза [1], и температура. Реакционная способность кокса при температуре 900, 100 и 1100 °С составляет 6,025; 14,75 и 31,45 % соответственно (CRI) [2]. Таким образом, оценка реакционной способности кокса имеет большое значение для прогноза условий плавки, но для литейного кокса, крупность которого значительно превышает крупность металлургического, метод оценки реакционной способности от-

сутствует. При этом также известно, что реакционная способность зависит от структуры углерода, которая может быть оценена величиной электросопротивления. Поэтому необходимо провести анализ возможности применять метод измерения величины электросопротивления кокса в качестве оценки его реакционной способности.

Методы испытаний для определения показателей прочности должны моделировать условия всего жизненного цикла продукции (ЖЦП) – литейного кокса. Жизненный цикл продукции (ЖЦП) – совокупность взаимосвязанных процессов изменений состояния продукции при ее создании, использовании (эксплуатации) и ликвидации (с извлечением от отходов путем их утилизации и/или удаления). Стадия жизненного цикла продукции (СЖЦП) – условно выделяемая часть ЖЦП, которая характеризуется спецификой направленности работ, производимых на этой стадии, и конечными результатами [3]. В общем виде к стадиям ЖЦП относятся исследования (изыскания), проектирование, опытно-конструкторские и опытно-технологические работы, производство, хранение, поставка (перевозка), эксплуатация, реализация, ремонт, снятие с производства, утилизация [4]. Так как прочность литейного кокса – это способность сопротивляться разрушению при различных нагрузках, то проведем анализ нагрузок, которые испытывает литейный кокс после этапа производства на различных стадиях ЖЦ, и условия методов определения показателей прочности, применяемых для оценки (таблица 3).

Анализ соответствия условий методов определения показателей прочности и условий эксплуатации литейного кокса (см. табл. 3) доказал, что отсутствуют методы, позволяющие оценить прочность кокса при нагрузках, возникающих при транспортировке.

Количество летучих веществ в коксе определяют по ГОСТ Р 55660-2013. Сущность метода заключается нагреве воздушно-сухой пробы в виде порошка кокса без доступа воздуха при температуре $(900 \pm 5)^\circ\text{C}$ в течение 7 мин. Воздушно-сухая проба представляет собой аналитическую пробу с максимальным размером частиц 212 мкм. Выход летучих веществ из аналитической пробы кокса рассчитывается по потере массы за вычетом влаги. Поэтому применяют две навески пробы – для определения выхода летучих веществ и влаги. Предел повторяемости метода для кокса составляет 0,2 % (абс.), предел воспроизводимости – 0,3 % (абс.). Метод соответствует международным стандартам ИСО 562 и ИСО 5071-1 и содержит дополнительные требования. Метод позволяет оценить количество летучих веществ в литейном коксе, к тому же известно, что с ростом крупности кокса его качество

по отношению к количеству летучих веществ повышается, т.е. выход летучих веществ у крупного кокса меньше.

Таблица 3. Анализ соответствия условий методов определения показателей прочности и условий эксплуатации

Этап жизненного цикла продукции	Условия (нагрузки)	Метод определения прочности	Показатели прочности
1. Транспортировка			
1.1. Транспортировка в вагонах	Нагрузки от подвижного подъемно-транспортного оборудования	Отсутствует	Нет
1.2. Транспортировка на транспортёрах	Нагрузки от подвижного подъемно-транспортного оборудования	Отсутствует	Нет
1.3. Пересыпание в закрома (3,5–7,0 м)	Нагрузки от падения с определенной высоты	ГОСТ 28946-2020	ShI, 80, 50, 40, 25 и 10 мм
1.4. Пересыпание в бункеры, бадьи и др.	Нагрузки от пересыпания в различные емкости габаритных размеров менее 3 м	ГОСТ 8929-2020	$M_{40}, \%$; $M_{10}, \%$; $M_{20}, M_{10}, \%$; $I_{40}, I_{30}, I_{20},$ $I_{10}, \%$; $K_d, \%$
2. Плавка чугуна			
2.1. Загрузка в вагранку	Нагрузки от падения с определенной высоты	ГОСТ 28946-2020	ShI, 80, 50, 40, 25 и 10 мм
2.2. Загрузка на слой кокса металлической части шихты	Нагрузки от падения кусков металлической части шихты	Отсутствует	Нет
2.3. Плавка	Температурные воздействия	ГОСТ 32248-2013, ГОСТ Р 54250-2010	CSR, %; ПИ, %; AV, %
	Вес слоя шихты	Отсутствует	Нет
	Воздействие газами (диоксид углерода)	ГОСТ 32248-2013, ГОСТ Р 54250-2010	CSR, %; ПИ, %; AV, %

Насыпная плотность $(BD)^2$, кг/м^3 в соответствии с ГОСТ Р 54251-2010 определяется как масса кокса (в пересчете на сухое вещество) с номинальным размером кусков не более 125 мм в кубическом

контейнере вместимостью 0,2 м³. Повторяемость определений насыпной плотности должна составлять не более 30 кг/м³. Воспроизводимость не указывается в связи с возможностью изменения гранулометрического состава при транспортировке.

Насыпная масса – это масса порции кокса, деленная на объем контейнера, который заполнен этой порцией при определенных условиях. Насыпная масса (в пересчете на сухое вещество) в большом контейнере в соответствии с ГОСТ ISO 1013-95 определяется в железнодорожном вагоне или скипе, вмещающем не менее 3 т. Сходимость результатов измерений составляет 0,01 т/м³, воспроизводимость не указывается в связи с возможностью изменения гранулометрического состава при транспортировке.

Таблица 4. Сравнительный анализ стандартных методов определения состава золы кокса

Обозначение стандарта	Сущность метода	Особенности подготовки пробы	Точность метода
ГОСТ Р 54237-2010	Основан на атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой	Аналитическая проба кокса озоляется. Золу сплавляют с соответствующим реагентом, сплав растворяют в разбавленном растворе кислоты	Пределы повторяемости и воспроизводимости установлены для каждого оксида золы
ГОСТ 55879-2013	Основан на зависимости интенсивности характеристической рентгеновской флуоресценции элемента от его массовой доли в пробе	Аналитическая проба с размером частиц не более 212 мкм	Пределы повторяемости и воспроизводимости установлены для каждого оксида золы
ГОСТ 32984-2014	Основан на зависимости интенсивности характеристической рентгеновской флуоресценции элемента от его массовой доли в пробе	Аналитическая проба с размером частиц не более 212 мкм	Данные о повторяемости и воспроизводимости отсутствуют

Насыпная масса и насыпная плотность (в пересчете на сухое вещество) – это свойства кокса, характеризующие его гранулометрический состав, зольность, пористость и плотность. Это сложное свойство, которое могло бы с успехом применяться литейщиками для оценки качества литейного кокса и прогноза плавки чугуна. Однако этот метод не применяется в литейном производстве и оптимальные значения параметров этих свойств отсутствуют. Состав золы определяется целым рядом стандартных методов, отличия которых представлены в таблице 4. Методы позволяют определить количество в золе кокса оксидов кремния и алюминия, которые составляют наибольшие значения, а также важных для реакционной способности оксидов щелочных и щелочноземельных металлов.

Испытания для получения показателей качества должны моделировать реальные условия эксплуатации литейного кокса. В противном случае данные, полученные при испытаниях, не могут позволить оценить качество литейного кокса. Одним из важных моментов является проведение испытаний с применением кокса товарной крупности [2, 5].

Таким образом, необходимы методики испытаний литейного кокса товарной крупности в условиях, приближенных к условиям плавки чугуна в вагранке, позволяющие оценить качество литейного кокса и спрогнозировать условия плавки с целью обеспечения качества чугуна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чесноков, Ю.А. Совершенствование балансовой логико-статистической модели доменного процесса: дис. ... канд. техн. наук: 05.16.02 / Чесноков Юрий Анатольевич. – Екатеринбург, 2007. – 125 с.
2. Витькина, Г.Ю. Исследование и совершенствование методики оценки влияния металлургических характеристик железорудного сырья и кокса на эффективность доменной плавки: дис. ... канд. техн. наук: 05.16.02 / Витькина Галина Юрьевна. – Екатеринбург, 2012. – 145 с.
3. ГОСТ Р 53791-2010. Ресурсосбережение. Стадии жизненного цикла изделий производственно-технического назначения. Общие положения. – М.: Стандартинформ, 2011. – С. 7.
4. ГОСТ Р 15.000-94. Система разработки и постановки продукции на производство. Основные положения. – М.: Стандартинформ, 2008. – С. 8.
5. Пат. 2264609 Российская Федерация, МПК: 7G01N3/56A. Устройство для испытания сыпучих материалов на динамическую прочность и истираемость / В.С. Бубенчиков, А.Н. Харченко; патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Опытно-ремонтный механический завод «Эталон»». – № 2004117553/28; заявл. 28.05.2004; опубл. 2005, Бюл. 4. – 4 с.

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ
КАЧЕСТВОМ ПРОЦЕССОВ
КОКСОХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА**

З.В. Мищенко, канд. техн. наук, доцент

Владимирский государственный университет
им. А.Г. и Н.Г. Столетовых

Предложен критерий эффективности метрологического обеспечения при организации системы статистического управления качеством на основе средних удельных стоимостных показателей. Критерий получен с учетом влияния погрешности измерений контролируемых параметров на характеристики достоверности контроля в системе статистического управления процессом.

Ключевые слова: статистические методы, управление качеством, метрологические характеристики, вероятности ошибок первого и второго рода

**EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF METROLOGICAL
SUPPORT OF STATISTICAL QUALITY CONTROL
OF COKE PRODUCTION PROCESSES**

Z.V. Mishchenko, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor

Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs

A criterion for the effectiveness of metrological support in organizing a system of statistical quality management based on average specific cost indicators is proposed. The criterion was obtained taking into account the influence of the measurement error of controlled parameters on the characteristics of the reliability of control in the system of statistical process control.

Key words: statistical methods, quality control, metrological characteristics, probabilities of errors of the first and second kind

Показатель эффективности системы статистического управления качеством представляет собой отношение величин потерь, вследствие появления несоответствий процесса, к затратам на его регулирование. Задачей метрологического обеспечения (МО) статистического управления качеством процессов коксохимического производства является обеспечение заданного или максимального уровня эффективности за счет оптимального выбора множества контролируемых параметров, средств измерений и контроля, методов и параметров статистического управления качеством операций технологического процесса [1, 2]. Исходя из вышесказанного, оценка уровня эффективности метрологического обеспечения статистического управления качеством коксохимического производства должна учитывать: множество контролируемых параметров процесса и их статистические характеристики, погрешности измерений выбранного множества контролируемых параметров, динамические характеристики процесса и контроля, затраты на создание системы статистического управления, в том числе затраты на приобретение выбранных средств измерений и контроля, величины потерь от регулировок или калибровок операций процесса вследствие ложных сигналов о разрегулировке, потери от несоответствий процесса в его статистически управляемом и неуправляемом состояниях [1-3]. При оценке эффективности МО системы статистического управления качеством процесса необходимо определить множество контролируемых параметров и их параметры. В работах [4, 5] приведена классификация показателей качества литейного кокса, а также требования к допустимым значениям и их статистические характеристики. Анализ данных приведенных в [4, 5] позволяет сделать вывод о том, что объект статистического управления является многопараметрическим, что необходимо учитывать при разработке критерия эффективности.

В основе критерия эффективности МО системы статистического управления качеством процессов коксохимического производства может быть положен стоимостной показатель, в виде усредненных суммарных затрат и потерь от следующих составляющих: на разработку, внедрение и эксплуатацию системы статистического управления качеством процесса, несоответствий или брака процесса, ошибок при статистическом управлении качеством [1, 3]. Для оценки величины приближения уровня эффективности МО системы статистического управления качеством процесса к оптимальному значению необходимо от абсолютного выражения указанной общей удельной стоимости перейти к его относительной форме. Следовательно, критерий эффективно-

сти Q МО системы статистического управления качеством процесса будет определяться как отношение:

$$Q = \frac{|C - C_o|}{C} \cdot 100\% = \left| 1 - \frac{C_o}{C} \right| \cdot 100\%,$$

где C - общие удельные затраты на разработку, внедрение и эксплуатацию системы статистического управления качеством процесса, включая потери от его несоответствий, необоснованной настройки процесса вследствие ошибок при статистическом контроле; C_o - оптимальное значение указанных затрат C .

Величина общих удельных затрат C на разработку, внедрение и эксплуатацию системы статистического управления качеством процесса складывается из элементов:

$$C = C_6 + C_\alpha + C_p + C_\pi,$$

где C_π - удельные затраты на измерение контролируемых параметров в системе статистического управления качеством процесса, C_α - удельные потери от необоснованной настройки процесса, возникающих вследствие ошибок первого рода при статистическом управлении, C_6 - удельные потери от несоответствий процесса, C_p - удельные затраты на регулировку или настройку процесса при наличии правильного сигнала о его разладке.

Удельные потери от несоответствий процесса определяются как усредненная величина из отношения:

$$C_6 = C_\pi \frac{B p_y + L_\beta p_n}{B + L_\beta + E},$$

где C_π - стоимость потерь от одной партии несоответствующих изделий, p_y , p_n - вероятности появления несоответствий процесса статистически управляемом и неуправляемом состояниях, B - среднее арифметическое количество партий продукции, произведенных в статистически управляемом состоянии процесса, L_β - средняя длина серии выборки процесса в статистически неуправляемом состоянии, E - отношение среднего времени регулировки процесса T_p к времени выпуска одной партии продукции τ , $E = T_p / \tau$.

Величина средняя длина серии выборки процесса в статистически неуправляемом состоянии по карте среднего определяется по формуле:

$$L_\beta = \frac{1}{1 - \beta} = \frac{1}{1 - \left(F(UCL, M, \sigma/\sqrt{n}) - F(LCL, M, \sigma/\sqrt{n}) \right)},$$

где β – вероятность ошибки второго рода при контроле процесса, M ,
 σ – математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение параметра в статистически неуправляемом состоянии,

UCL , LCL – верхняя и нижняя границы регулирования по контрольной карте соответственно,

F – функция распределения вероятностей нормального закона, n – объем выборки.

С учетом погрешности измерения при условии независимости последней и контролируемого параметра, величина СДС L_β будет определяться по формуле:

$$L_\beta = \frac{1}{1 - \left(F\left(\frac{UCL - M}{\sqrt{\sigma^2 + \sigma_\Delta^2}} \sqrt{\frac{1}{n}} \right) - F\left(\frac{LCL - M}{\sqrt{\sigma^2 + \sigma_\Delta^2}} \sqrt{\frac{1}{n}} \right) \right)},$$

где σ_Δ - среднее квадратическое отклонение погрешности измерения контролируемого параметра.

Величина удельных потерь от необоснованной настройки процесса C_α возникающих при ложном отказе определяются как:

$$C_\alpha = \frac{B}{NL_\alpha (B + L_\beta + E)} C_{\text{пер}},$$

где L_α - средняя длина серии выборок процесса в статистически управляемом состоянии, $C_{\text{пер}}$ - затраты на калибровку или регулировку процесса по контролируемому параметру, N – количество партий продукции, выпущенной за рассматриваемый период производства.

Удельные затраты на настройку процесса по правильным сигналам о его разладке C_p определяются из отношения:

$$C_p = \frac{L_1 C_{\text{пер}}}{N(B + L_1 + E)} (1 - \beta).$$

Величина удельных затрат на измерение контролируемых параметров в системе статистического управления качеством процесса $C_{\text{и}}$ определяется по формуле:

$$C_{\text{и}} = \frac{n}{N} C_{\text{изм}},$$

где $C_{\text{изм}}$ - стоимость измерения контролируемого параметра партии изделий в системе статистического управления качеством процесса.

Предложенный в работе критерий позволяет оценить уровень эффективности МО системы статистического управления качеством процессов коксохимического производства позволяющей выполнить выбор множества контролируемых параметров процесса, методов статистического управления качеством операций процесса и их параметров, с учетом погрешности измерения контролируемых параметров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Илларионов, О.И. Проектирование контрольных карт на основе критерия полной вероятности брака // Методы менеджмента качества. – 2003. – № 6. – С. 32–36.
2. Клячкин, В.Н. Анализ эффективности многомерного контроля технологического процесса // Методы менеджмента качества. – 2002. – № 4. – С. 32–34.
3. Данилевич, С.Б. Имитационная модель выборочного измерительного многопараметрического контроля / С.Б. Данилевич, В.В. Княжевский // Методы менеджмента качества. – 2004. – № 3. – С. 49–53.
4. Иванова, В.А. Оптимизация показателей качества литейного кокса на основе стандартизации / В.А. Иванова, К.Н. Вдовин, Е.О. Шамина // Стандарты и качество. – 2017. – № 2. – С. 40-46.
5. Иванова, В.А. О методах оценки качества литейного кокса / В.А. Иванова, Е.О. Шамина // Кокс и химия. – № 6. – 2014. - С. 28-33.

МЕТОДИКА ПАРЕТО-ОПТИМИЗАЦИИ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ ДОПУСКОВОГО КОНТРОЛЯ ЛИТЕЙНОГО КОКСА

З.В. Мищенко, канд. техн. наук, доцент

Владимирский государственный университет
им. А.Г. и Н.Г. Столетовых

В работе рассмотрена задача Парето-оптимизации системы допускового контроля литейного кокса. Разработан критерий определения Парето оптимального состояния, где в качестве целевых функций используются метрологические характеристики системы допускового контроля, а оптимизируемыми параметрами погрешность измерения и контрольные допуски параметров литейного кокса.

Ключевые слова: многомерная оптимизация, допусковый контроль, метрологические характеристики, вероятности ошибок первого и второго рода

METHOD OF PARETO-OPTIMIZATION OF METROLOGICAL CHARACTERISTICS OF FOUNDRY COKE TOLERANCE CONTROL SYSTEMS

Z.V. Mishchenko, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor

Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs

The paper considers the problem of Pareto-optimization of the system of tolerance control of foundry coke. A criterion for determining the Pareto optimal state has been developed, where the metrological characteristics of the tolerance control system are used as objective functions, and the measurement error and control tolerances of foundry coke parameters are used as optimized parameters.

Key words: multidimensional optimization, tolerance control, metrological characteristics, probabilities of errors of the first and second kind

Оптимальное по Парето состояние системы – это состояние, когда изменение множества оптимизируемых параметров приводит к улучшению по одному и более из множества целевых показателей ка-

чества, не изменяя в нежелательную зону значений хотя бы одной характеристики из числа выбранных целевых функций. Этот вид оптимизации относится к числу многомерных компромиссных методов, который используется в ситуации, когда изменение в одну (желаемую) сторону значений какой-либо целевой функции приводит к противоположному изменению другого показателя качества [1].

При решении задачи оптимизации по Парето системы допускового контроля литейного кокса необходимо определить множество из n показателей качества Y_i , $i=1, \dots, n$. В работах [2-4] приведена классификация показателей качества литейного кокса, нормативные и потребительские требования к их допустимым значениям, а также методы измерений и метрологические характеристики к ним. Анализ данных приведенных в [2-4] позволяет сделать вывод о том, что объект контроля является сложным и многопараметрическим, что необходимо учитывать при решении задачи Парето оптимизации системы допускового контроля.

Целевые функции литейного кокса Y_i находятся в зависимости от независимых параметров состояния системы контроля X_i , $i=1, \dots, m$. Под изменением Y_i в целевую зону понимается увеличение, уменьшение или приближение к определенной оптимальной величине [1]:

$$Y_i(X_1, \dots, X_m) @ \max, Y_j(X_1, \dots, X_m) @ \min. \quad (1)$$

Исходя из вышесказанного, решение задачи определения Парето оптимального состояния по сути – это поиск множества значений X_i при которых выполнение условий (1) хотя бы для одного из Y_i , приводит к несоблюдению хотя бы одного из критериев (1).

Основными метрологическими характеристиками системы допускового контроля литейного кокса являются значения вероятностей ошибок первого P_1 и второго P_2 рода. Для управления значениями P_1 , P_2 системы допускового контроля литейного кокса вводятся контрольные допуски, выбираются средства измерений и контроля с соответствующими метрологическими характеристиками. Контрольные допуски вводятся с целью снижения P_2 за счет увеличения P_1 . Перечисленные параметры являются оптимизируемыми параметрами системы контроля литейного кокса. Значения целевых функций P_1 и P_2 определяются по формулам:

$$P_1 = P \left(\left(\bigcup_{i=1}^N (Z_i \sigma_{\text{Ди}}) \bigcap_{j=1}^N (W_j \sigma_{\text{КДи}}) \right) / \left((W_i \sigma_{\text{КДи}}) \right) \right), \quad (2)$$

$$P_2 = P \left(\left(\bigcup_{i=1}^N (Z_i \cdot \mathbf{1}_{Z_{Di}}) \right) \bigcap_{j=1}^N (W_j \cdot \mathbf{1}_{W_{KDi}}) \right) / \left((W_i \cdot \mathbf{1}_{W_{KDi}}) \right),$$

где P – функционал, определяющий вероятность события, соответствующего вероятностям ошибок первого и второго рода, Z_{Di} – значение допуска на i -й контролируемый параметр, Z_i , W_i – истинное значение и результат измерения i -го измеряемого параметра соответственно, Z_{KDi} – значение контрольного допуска на i -й измеряемый параметр, N – количество контролируемых параметров.

Изменение (улучшения или не ухудшения) значения контролируемого параметра, которое можно считать значимым часто определяют в относительном виде. Относительное условие значимого изменения Y_i примет вид:

$$|(Y_{i1} - Y_{ik}) / Y_{i1}| \geq \delta, \quad (3)$$

где δ – пороговое значение изменения значения Y_i .

Поисковая процедура Парето-оптимального состояния системы допускового контроля литейного кокса согласно целевым показателям (2) предполагает моделирование возможных ее состояний. Затем осуществляется выбор тех l состояний, которые соответствуют условию Парето-оптимальности (1). С учетом вышесказанного критерий (1) для Парето-оптимального состояния системы допускового контроля примет вид:

$$\bigcup_{k=1}^{L-1} \left[\left(\left(\frac{P_{1l} - P_{1k}}{P_{1l}} \right) \geq \delta \right) \bigcap \left(\bigcup_{f=2}^n \left(\left(\frac{P_{1l} - P_{1f}}{P_{1l}} \right) \geq \delta \right) \right) \right] \text{ И } \left[\left(\frac{P_{2l} - P_{2k}}{P_{2l}} \right) \geq \delta \right) \bigcap \left(\bigcup_{f=2}^n \left(\left(\frac{P_{2l} - P_{2f}}{P_{2l}} \right) \geq \delta \right) \right) \right] \overline{\overline{(Z_{KD1}, \dots, Z_{KDN})}} \text{ 'True' } \quad (4)$$

$$\forall f=1, \dots, n-1, i=1, \dots, n, k=1, \dots, L-1, l=1, \dots, L,$$

где k, l – номера состояний системы контроля, L – число возможных состояний системы контроля; n – число целевых функций, i, f – номера целевых показателей.

Решение двухмерной и многофакторной задачи Парето оптимизации по критерию (4) может быть выполнено несколькими численными методами. При использовании метода перебора на начальном этапе генерируются множества значений параметров состояния системы контроля, соответствующие L ее состояниям из числа возможных значений. На следующей стадии производится расчет целевых функ-

ций P_1, P_2 для состояний системы контроля, полученных на первом этапе. Расчет целевых функций P_1, P_2 в общем случае является $2 \cdot n$ -мерной интегральной задачей. Одним из основных способов расчета функций P_1, P_2 является метод статистических испытаний. Расчет P_1, P_2 включает следующие этапы:

1. Выполняется моделирование закона распределения $f(Z_1, \dots, Z_N)$ системы случайных величин контролируемых параметров. Для этого выполняется генерация матрицы псевдослучайных чисел Z согласно распределению $f(Z_1, \dots, Z_N)$ с соответствующими характеристиками. Матрица Z имеет m строк по числу сочетаний и n столбцов, равное количеству контролируемых параметров литейного кокса.
2. Моделирование закона распределения погрешностей измерения $f(\Delta Z_1, \dots, \Delta Z_N)$. Для этого выполняется генерация матрицы псевдослучайных чисел ΔZ согласно закону распределения $f(\Delta Z_1, \dots, \Delta Z_N)$. Размерность матриц $Z, \Delta Z$ должна быть одинаковой.
3. Расчет матрицы $W_{i,j} = Z_{i,j} + \Delta Z_{i,j}$. Переменная W моделирует распределение вероятностей результатов измерений.
4. Расчет векторов $Z_d, Z_{нд}$, с элементами «1» и «0». Значение «1» соответствует попаданию значений контролируемых параметров в границы допусков контролируемых параметров, а значение «0» - соответствуют обратной ситуации.
5. Формирование векторов-столбцов $Z'_d, Z'_{нд}$ аналогично $Z_d, Z_{нд}$ по отношению к элементам матрицы W .
6. Выполняется расчет вероятностей P_1, P_2 по формулам:

$$P_1 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (Z_d \cdot Z'_{нд}), \quad P_2 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (Z_{нд} \cdot Z'_d).$$

После расчета множества значений целевых функций на третьем этапе выполняется выбор Парето оптимальных состояний согласно критерию (4).

Разработанная методика позволяет провести оптимизацию по Парето системы допускового контроля литейного кокса, где в качестве целевых функций приняты вероятности ошибок первого и второго рода, а величины контрольных допусков и погрешности измерения являются параметрами оптимизации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маркова, Е.В. Комбинаторные планы в задачах многофакторного эксперимента. / Е.В. Маркова, А.Н. Лисенков. – М.: Наука, 1979. – 347 с.
2. Иванова, В.А. Оптимизация показателей качества литейного кокса на основе стандартизации / В.А. Иванова, К.Н. Вдовин, Е.О. Шамина // Стандарты и качество. – 2017. – № 2. – С. 40-46.
3. Иванова, В.А. Об использовании чугуна ваграночной плавки для получения ЧВГ / В.А. Иванова, Е.О. Шамина // Литейное производство – № 2. – 2018. – С. 6-8.
4. Иванова, В.А. О методах оценки качества литейного кокса / В.А. Иванова, Е.О. Шамина // Кокс и химия. – № 6. – 2014. – С. 28-33.

ОЦЕНКА ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОЦЕССОВ КОКСОХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ПО КАРТАМ ШУХАРТА

З.В. Мищенко, канд. техн. наук, доцент

Владимирский государственный университет
им. А.Г. и Н.Г. Столетовых

В работе получены выражения и разработана методика позволяющие рассчитать величины средней длины серии выборок для процесса в статистически управляемом и неуправляемом состояниях. Расчет средней длины серии выборок может быть выполнен для определенной контрольной карты Шухарта с заданными законами распределения вероятностей контролируемого параметра с учетом погрешности измерения.

Ключевые слова: средняя длина серии выборок, управление качеством, ошибки первого и второго рода, динамические характеристики

EVALUATION OF DYNAMIC PARAMETERS OF THE QUALITY MANAGEMENT SYSTEM OF COKE PRODUCTION PROCESSES USING SHUKHART CHARTS

Z.V. Mishchenko, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor

Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs

In the work, expressions are obtained and a technique is developed that allows calculating the values of the average length of a series of samples for a process in a statistically controlled and uncontrolled state. The calculation of the average length of a series of samples can be performed for given laws of the probability distribution of the controlled parameter and the errors of its measurement, as well as for a specific Shewhart control chart.

Key words: average length of a series of samples, quality control, errors of the first and second kind, dynamic characteristics

Одним из часто используемых методов статистического управления качеством технологических процессов коксохимических производств является использование контрольных карт и, в частности, карт Шухарта (ККШ). Для оценки чувствительности выбранной ККШ с заданными параметрами плана контроля используются оперативная характеристика, а также вероятности ошибок первого и второго рода [1, 2]. Оценка способности обнаруживать выход процесса из статистически управляемого состояния по времени при помощи заданной ККШ используют среднюю длину серии выборок (СДС) разлаженного технологического процесса [1]. СДС ККШ соответствует среднему количеству в непрерывной последовательности выборок до получения первого сигнала о разрегулировке процесса. Увеличение СДС процесса, находящегося в статистически управляемом состоянии, приводит к увеличению экономических потерь от необоснованных регулировок. Увеличение СДС процесса, вышедшего из статистически управляемого состояния, приводит к росту процента несоответствий продукции.

При оценке динамических параметров системы управления качеством процессов коксохимического производства необходимо определить множество контролируемых параметров и их параметры. В работах [3,5] приведена классификация показателей качества литейного кокса, а также требования к допустимым значениям и их статистические характеристики. Для технологической операции с одним контролируемым параметром изменение состояний технологических процессов коксохимического производства [4] можно описать графом Марковского случайного процесса, который включает три состояния [1] (рис. 1).

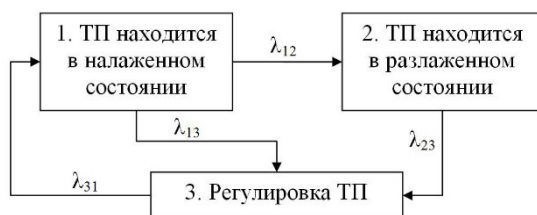


Рис. 1. Граф Марковского случайного процесса, описывающего статистическое управление по одному параметру

К параметрам указанного процесса (см. рис. 1) можно отнести: λ_{12} - средняя величина потока разрегулировок, λ_{23} - средняя величина потока перехода в режим регулировки, λ_{31} - средняя величина потока

восстановления, λ_{13} - средняя величина потока ложных сигналов о разрегулировках. Значения λ_{23} определяется на основе СДС в разлаженном состоянии L_1 , а λ_{13} – на основе СДС в налаженном состоянии L_0 процесса.

Величина СДС L_1 связана с величиной вероятности ошибки второго рода β и рассчитывается по формуле:

$$L_1 = 1/(1-\beta) = 1/(1 - F(UCL, \mu, \sigma) + F(LCL, \mu, \sigma)),$$

где UCL, LCL - верхняя и нижняя контрольные границы ККШ, F – функция распределения вероятностей статистики ККШ, μ , σ - математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение значений статистики ККШ. В нормативных документах, например в ГОСТ Р ИСО 7870-2015, используется нормальный закон для F без учета погрешности измерения. Для расчета β для заданных законов распределения вероятностей параметра с учетом погрешности измерения можно применить метод статистического моделирования, включающий следующие этапы:

1. Моделирование распределения результатов измерений контролируемого параметра у:

$$y = F_X^{-1}(U(n, m), \bar{Q}_X) + F_\Delta^{-1}(U(n, m), \bar{Q}_\Delta),$$

где $U(n, m)$ - матрица чисел с равномерным распределением размерностью $n \cdot m$, n – объем выборки, m – количество выборок, F_X^{-1} , F_Δ^{-1} - обратные функции распределения вероятностей параметра и погрешности соответственно, $\bar{Q}_X$, $\bar{Q}_\Delta$ - векторы параметров законов F_X^{-1} , F_Δ^{-1} .

2. Расчет значений статистик, согласно используемой ККШ, например, для карты средних арифметических: $\bar{y} = \text{mean}(y)$, где $\bar{y}$ - вектор средних.

3. Расчет вероятности β как отношение числа статистик в интервал $[LCL, UCL]$ к их общему количеству, например для ККШ средних:

$$\beta = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \begin{cases} 1, & \bar{y}_i \notin [LCL, UCL] \\ 0, & \bar{y}_i \in [LCL, UCL] \end{cases}.$$

Для ККШ среднего арифметического, среднего квадратического отклонения (с.к.о.) и размаха был проведен расчет графических зависимостей СДС (рис. 2-4). Зависимости (рис. 2-4) получены при отношении с.к.о. погрешности измерения к с.к.о. контролируемого параметра равного 1/5 и объемов выборок № 1 – $n = 5$, № 2 – $n = 10$, № 3 – $n = 20$. СДС указанных карт рассчитана в зависимости от степени раз-

регулировки (ось абсцисс). Для ККШ среднего величина разрегулировки определяется как относительное приращение среднего к с.к.о. в управляемом состоянии, а для ККШ с.к.о. и размаха - как отношение с.к.о. неуправляемого и управляемого состояний процесса.

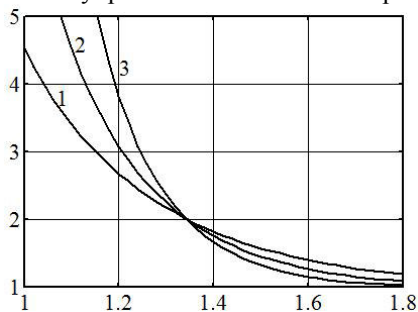


Рис. 2. График СДС для ККШ среднего арифметического

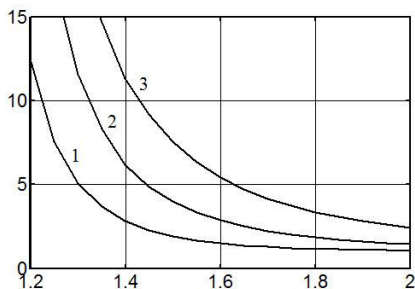


Рис. 3. График СДС для ККШ с.к.о.

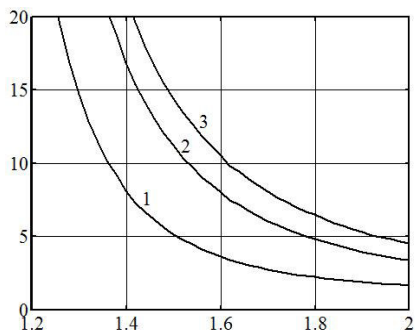


Рис. 4. График СДС для ККШ размаха

В работе получены выражения, и методика моделирования позволяют рассчитать величину СДС выборок при использовании ККШ для произвольного сочетания законов распределения вероятностей контролируемых параметров процессов коксохимического производства и погрешностей их измерения, а также заданных параметрах используемой контрольной карты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Илларионов, О.И. Проектирование контрольных карт на основе критерия полной вероятности брака // Методы менеджмента качества. – 2003. – № 6. – С. 32-36.
2. Клячкин, В.Н. Анализ эффективности многомерного контроля технологического процесса // Методы менеджмента качества. – 2002. – № 4. – С. 32-34.
3. Иванова, В.А. О методах оценки качества литейного кокса / В.А. Иванова, Е.О. Шамина // Кокс и химия.– 2014. – № 6. – С. 28-33.
4. Иванова, В.А. Функциональное моделирование процесса плавки чугуна в вагранке / В.А. Иванова, К.И. Порсев, Е.О. Шамина, А.М. Туров // Металлургия машиностроения. – 2017. – № 2. – С. 6-1.
5. Иванова, В.А. Оптимизация показателей качества литейного кокса на основе стандартизации / В.А. Иванова, К.Н. Вдовин, Е.О. Шамина // Стандарты и качество. – 2017. – № 2. – С. 40-46.

**ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА КОНСТРУКЦИОННЫХ
МАТЕРИАЛОВ ПО ПОКАЗАТЕЛЮ
ИЗНОСОСТОЙКОСТИ В ПРИВОДАХ
ПОСТУПАТЕЛЬНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ
НА БАЗЕ РОЛИКОВИНТОВЫХ ПЕРЕДАЧ**

Л.С. Пантелеев;
Ю.А. Орлов, канд. техн. наук, доцент;
Д.Ю. Орлов, канд. техн. наук, доцент

Владимирский государственный университет
им. А.Г. и Н. Г. Столетовых

Рассматривается возможность использования конструкции привода линейного перемещения для различных областей техники, в том числе в коксо-химическом производстве. Приведён метод исследования на износ конструкционных материалов, из которых могут быть изготовлены привода на базе роликвинтовых механизмов.

Ключевые слова: роликвинтовой привод линейного перемещения, исследование конструктивных материалов на износ

**INVESTIGATION OF THE QUALITY OF STRUCTURAL
MATERIALS IN TERM OF WEAR RESISTANCE
IN TRANSLATIONAL DRIVES BASED ON ROLLER
SCREW GEARS**

S.L. Panteleev;
Yu.A. Orlov, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor;
D.Y. Orlov, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor

Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletov

The possibility of using a linear displacement drive design for various fields of technology, including in the chemical industry, is being considered. A method of research on the wear of structural materials from which drives based on roller screw mechanisms can be made is given.

Key words: roller screw drive of linear displacement, study of structural materials for wear

Системы линейного (или поступательного) перемещения стали важнейшим и необходимым компонентом множества современных устройств и механизмов.

Данные системы используют практически во всех отраслях промышленности, таких как электроника, астрономические телескопы, медицинское оборудование, автомобилестроение, военная техника и т.д.

Несколько мировых компаний регулярно выпускают из производства различные модификации линейных приводов, в том числе китайские Hiwin и корейские SBC Linear.

Ряд шариковых профильных направляющих был дополнен роликовыми направляющими, обладающими большей жёсткостью и грузоподъемностью. Роликовинтовая передача (рис. 1) с длинными резьбовыми роликами разработана в ВлГУ профессором кафедры «Управление качеством и техническое регулирование» Козыревым В.В. Маршрутная технология изготовления такой передачи разработана доцентом Орловым Ю.А.

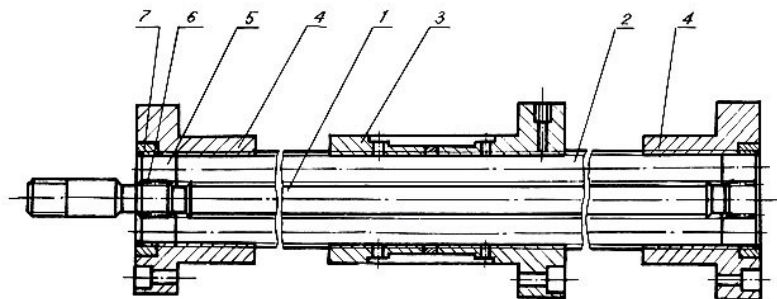


Рис. 1. Планетарная передача с длинными резьбовыми роликами

Передача состоит из винта 1, резьбовых роликов-сателлитов 2, ходовой 3 и опорной 4 гайки. Для предотвращения выскакивания роликов из опорных гаек угол подъема резьбы на винте равен по величине, но противоположен по направлению углу подъема резьбы на роликах-сателлитах. Для предотвращения проскальзывания роликов по виткам резьбы винта и опорных гаек зубчатые венцы 5 на концах роликов входят в зацепление с зубчатыми венцами 6 винта и зубчатыми венца-

ми 7 опорных гаек. Если провести внешнюю аналогию с планетарными зубчатыми передачами, то винт рассматриваемой передачи соответствует солнечному колесу, ролики – планетарным колесам, опорная гайка – неподвижному коронному колесу.

Ходовая гайка закреплена от вращения, и угол подъема её резьбы отличается от угла подъема резьбы роликов. При вращении винта резьбовые ролики катятся по резьбе винта и гаек, совершая планетарное движение, и приводят в движение в осевом направлении ходовую гайку. Гайки могут быть выполнены из двух половин для выборки зазора в передаче.

Роликовинтовая передача (РВП) может быть использована в различных механизмах, требующих надёжных линейных перемещений.

Передача обладает следующими положительными свойствами по сравнению с шариковинтовыми передачами (ШВП):

1. Возможность работы даже без смазки в экстремальных условиях низких и высоких температур;
2. Отсутствие механизма возврата тел качения роликов;
3. Обладание способностью самоторможения при КПД от 0,5 до 0,95;
4. Повышенное быстродействие при выполнении заданных функций.

С целью выбора конструкционного материала, из которого могут быть изготовлены РВП, были проведены дополнительные исследования. В качестве нормативного документа был выбран ГОСТ 27860 – 88 «Детали трущихся сопряжений. Методы измерения износа».

В приведённом эксперименте использовался стандартный метод вырезания лунок, как для плоских, так и цилиндрических поверхностей.

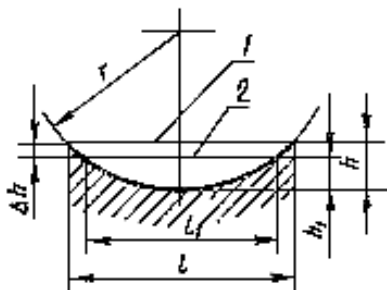


Рис. 2. Схема измерения износа методом вырезанных лунок

Здесь, r - радиус вращения вершины резца r ;
 l и l_2 - соответственно длина лунки до износа и после износа;
 Δh - величина износа в мм; $\Delta h = h - h_1$;
 R - радиус кривизны поверхности трения в месте нанесения лунки.

Для плоских поверхностей износ вычисляется по формуле:

$$\Delta h = 0,125(l^2 - l_1^2) \cdot \frac{1}{r}.$$

Для цилиндрических поверхностей при расположении лунки перпендикулярно образующей цилиндра, износ определяется по формуле:

$$\Delta h = 0,125(l^2 - l_1^2) \left(\frac{1}{r} \pm \frac{1}{R} \right).$$

Знак «+» для выпуклых поверхностей.

Вычисления износа проводились с точностью до $\pm 0,001$ мм.

Так как детали в РВП в процессе работы испытывают как трение скольжения, так и трение качения, то с целью повышения их долговечности они подвергаются термообработке до HRC 52...56. Испытания были проведены на машине трения типа СМЦ-2.

После проведенных испытаний, при создании конструкций РВП, были рекомендованы материалы для изготовления опытных образцов передач. Такими материалами выбраны: сталь ШХ-15 для винта и роликов, сталь 8 ХФ для гайки, сталь 40 ХНМ для изготовления зубчатых венцов.

Экспериментальные исследования опытных образцов РВП, изготовленных из выбранных материалов со средним диаметром гайки 48 мм и шагом 1 мм при номинальной нагрузке в 5000 Н, показатели долговечности – 10 млн циклов (оборотов) нагружения при КПД 0,5.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козырев, В.В. Конструкция, теория и методика проектирования и исследования планетарных передач винт-гайка с резьбовыми роликами и мехатронных модулей на их базе: монография / В.В. Козырев. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2011. – 238 с.
2. Орлов, Ю.А. Технология изготовления и метрологического контроля передачи с длинными резьбовыми роликами. // Тезисы докладов научно-практической конференции ВПИ; под общей ред. В.В. Козырева. – Владимир, 1988. – 58 с.
3. ГОСТ 27860 – 88 «Детали трущихся сопряжений. Методы измерения износа». – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 30 с.

**ПРОБЛЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ
В СФЕРЕ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ
ХИМИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ
ТРЕБОВАНИЯМ ТР ЕАЭС 041/2017
«О БЕЗОПАСНОСТИ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ»**

С.А. Соловьева, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Проведен анализ современного состояния подтверждения соответствия химической продукции. Установлены проблемы, препятствующие введению в действие технического регламента ТР ЕАЭС 041/2017 «О безопасности химической продукции».

Ключевые слова: *техническое регулирование, технический регламент, подтверждение соответствия, химическая продукция*

**TECHNICAL REGULATION ISSUES
IN THE FIELD OF CONFORMITY ASSESSMENT
CHEMICAL PRODUCTS TO
REQUIREMENTS OF TR EAEU 041/2017
"ON THE SAFETY OF CHEMICAL PRODUCTS"**

S.A. Solovyova, Candidate of Chemical Sciences,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The analysis of the modern state of confirmation of conformity of chemical products was carried out. The problems hindering the implementation of technical regulation of the EAEU TR 041/2017 "On the safety of chemical products" have been identified.

Key words: *technical regulation, technical regulation, confirmation of conformity, chemical products*

Техническое регулирование представляет собой правовое регулирование отношений в области установления, применения и исполнения обязательных требований к продукции или к продукции, и свя-

занным с требованиями к продукции процессам, а также правовое регулирование отношений в области оценки соответствия [1].

Производство химических производств является химической продукцией, подтверждение соответствия которой регулируется техническим регламентом Евразийского экономического союза «О безопасности химической продукции» (ТР ЕАЭС 041/2017) [2]. Первоначально предполагалось, что ТР ЕАЭС 041/2017 будет введен в действие 2 июня 2021 года.

Данный технический регламент распространяется на всю химическую продукцию, выпускаемую в обращение на таможенной территории Евразийского экономического союза за исключением следующей продукции (по перечню согласно приложению № 1 к ТР ЕАЭС 041/2017 [2]):

1) химическая продукция, предназначенная для научно-исследовательских работ и (или) являющаяся результатом научно-исследовательских и (или) опытно-конструкторских разработок;

2) полезные ископаемые в состоянии залегания, а также следующая продукция, если она не была химически изменена: минералы, руды, рудные концентраты, цементный клинкер, природный газ, сжиженный газ, газовый конденсат, технологический газ и его компоненты, нефть обезвоженная, обессоленная и стабилизированная, попутный нефтяной газ, уголь, кокс;

3) лекарственные средства и ветеринарные лекарственные средства;

4) парфюмерно-косметическая продукция и др.

Порядок подтверждения соответствия химической продукции на основе требований технического регламента включает в себя следующие действия [3]:

1) Инвентаризация химической продукции.

Согласно Решению Совета Евразийской экономической комиссии № 19 (п. 2) [4] для вступления в силу данного технического регламента необходимо было до 1 декабря 2018 г. разработать и утвердить:

- порядок формирования и ведения реестра химических веществ и смесей Евразийского экономического союза;

- порядок нотификации новых химических веществ.

На данный момент проекты этих документов подготовлены, прошли публичное обсуждение, но до сих пор не введены в действие. Поэтому точная дата вступления в силу ТР ЕАЭС 041/2017 пока неизвестна. Рассматривается вопрос о переносе срока вступления в силу технического регламента на 30 ноября 2022 года [5].

Реестр химических веществ и смесей Евразийского экономического союза в данный момент находится в стадии формирования. Для его составления в государствах - членах Евразийского экономического союза (Армения, Беларусь, Казахстан, Кыргызстан) проводится инвентаризация химических веществ (в том числе в составе смесей). Имеющиеся на данный момент результаты инвентаризации химической продукции в Российской Федерации представлены на сайте Государственной информационной системы промышленности [6].

2) Классификация химической продукции.

Для классификации химической продукции по опасным свойствам методы исследований или испытаний химической продукции должны быть установлены в стандартах, включенных в перечень документов по стандартизации, необходимых для применения и исполнения требований технического регламента и осуществления оценки соответствия химической продукции. Данный проект перечня документов по стандартизации, содержащих правила и методы исследований (испытаний) и измерений, в том числе правила отбора образцов, необходимые для применения и исполнения технического регламента Министерство промышленности и торговли Российской Федерации должно было подготовить не позднее, чем за шесть месяцев до дня вступления в силу технического регламента. Размещение в информационной системе общего пользования в электронно-цифровой форме данного перечня документов должно было осуществить Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. На настоящий момент (начало 2022 года) состав данного перечня документов так и не установлен.

3) Составление паспорта безопасности на продукцию.

Требования к сведениям, которые должны содержаться в паспорте безопасности, согласно техническому регламенту, указаны в ГОСТ 30333-2007 [7]. Однако, с 1 июня 2022 года данный ГОСТ на территории Российской Федерации будет отменен, и будет введен в действие новый ГОСТ Р 58475-2019 «Паспорт безопасности химической продукции. Общие требования» [8], который не упомянут в тексте технического регламента. Поэтому сейчас, за шесть месяцев до введения нового ГОСТа, уже непонятны действия российского производителя продукции по подтверждению ее безопасности.

В рамках государственной регистрации химической продукции паспорт безопасности, согласно требованиям ГОСТ Р 58475-2019, должен будет проходить экспертизу. В ГОСТ 30333-2007 данное требование отсутствует.

В новом ГОСТ Р 58475-2019 уточнено, что при описании состава химической продукции необходимо указывать информацию о компонентах, содержащихся в концентрациях не менее 10 %, а также о компонентах, содержащихся в концентрациях, превышающих пороговое содержание, приведенное в таблице 1 ГОСТ Р 58475-2019 (п. 5.2.4). В ГОСТ 30333-2007 [7] данное уточнение отсутствует.

Согласно ГОСТ Р 58475-2019 для компонентов химической продукции, информация о содержании которых является конфиденциальной, концентрации допустимо приводить диапазонами значений (п. 5.2.5) [8]. В ГОСТ 30333-2007 данное уточнение также отсутствует.

Согласно ГОСТ Р 58475-2019 [8] паспорт безопасности должен включать в себя:

- а) Информационный лист;
- б) Разделы паспорта безопасности, расположенные в определенном порядке. Состав разделов при введении нового ГОСТа не меняется.

Требования к содержанию информационного листа, колонтитула и разделов паспорта безопасности приведены в приложении А ГОСТ Р 58475-2019 [8].

4) Маркирование химической продукции, выпускаемой в обращение. Вся необходимая информация для осуществления данной деятельности разработана и установлена.

5) Государственная регистрация химической продукции (уведомительная и разрешительная).

Будет осуществляться в электронном виде с использованием ресурсов Государственной информационной системы промышленности после утверждения соответствующих административных регламентов предоставления государственной услуги и разработки сервиса, которые до сих пор не установлены.

6) Маркировка химической продукции единым знаком обращения продукции на рынке Евразийского экономического союза. Действия изготовителя продукции детально описаны и установлены.

Таким образом, пока не будут решены проблемы, упомянутые в тексте статьи, введение в действие технического регламента Евразийского экономического союза ТР ЕАЭС 041/2017 «О безопасности химической продукции» будет затруднительно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

4. Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании». URL: <https://docs.cntd.ru/document/901836556>
5. ТР ЕАЭС 041/2017 Технический регламент Евразийского экономического союза «О безопасности химической продукции»: утв. Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 3 марта 2017 года № 19. URL: <http://docs.cntd.ru/document/456065181>
6. Соловьева, С.А. Подтверждение соответствия химической продукции / С.А. Соловьева, В.А. Иванова // Техническое регулирование, метрологическое обеспечение и управление качеством в коксохимическом производстве»: сб. материалов I Всероссийской науч.-практ. конф., 24 ноября 2020 г. – Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2020. – С. 49-56.
7. Решение Совета Евразийской экономической комиссии от 03 марта 2017 г. № 19 О техническом регламенте Евразийского экономического союза «О безопасности химической продукции». URL: <https://docs.cntd.ru/document/456065075>
8. Письмо Министерства промышленности и торговли РФ от 27 мая 2021 г. № 43442/13 О вступлении в силу технического регламента Евразийского экономического союза «О безопасности химической продукции» (ТР ЕАЭС 041/2017). URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/402532564/>
9. Единый перечень химических веществ (публичный). URL: <https://gisp.gov.ru/cheminv/pub/app/search/>
10. ГОСТ 30333-2007. Паспорт безопасности химической продукции. Общие требования. – М.: Стандартинформ, 2008. – 11 с.
11. ГОСТ Р 58475-2019. Паспорт безопасности химической продукции. Общие требования. – М.: Стандартинформ, 2019. – 15 с.

**ПОЛУЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ
ИЗ РАЗОГНАННЫХ ФРАКЦИЙ ОТРАБОТАННЫХ
НЕФТЯНЫХ МАШИННЫХ МАСЕЛ
ДЛЯ ПРОЦЕССА ОБЕЗВОЖИВАНИЯ УГЛЕЙ**

М.А. Червочкин, А.В. Белян, М.С. Белинов,

Научный руководитель - **В.В. Соловьев,**
канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В настоящей статье рассматривается процесс обезвоживания угля и флотоконцентратов поверхностно-активными веществами, полученными из отработанных нефтяных машинных масел.

Ключевые слова: Кокс, уголь, коксохимическое производство, обезвоживание флотоконцентратов

**OBTAINING AND USING SURFACTANTS FROM
DISPERSED FRACTIONS OF SPENT PETROLEUM ENGINE
OILS FOR THE PROCESS OF COAL DEWATERING**

M.A. Chervochkin, A.V. Belyan, M.S. Belinov,

Scientific Adviser - **V.V. Solovyov,**
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

This article discusses the process of dewatering coal and flotation concentrates with surfactants obtained from spent petroleum engine oils.

Key words: Coke, coal, coke chemical production, dewatering of flotation concentrates

Известно, что в настоящее время до 60 % общемировой добычи угля расходуется для получения электроэнергии, 25 % тратится на производство кокса, остальной уголь, как правило, используется в

коммунально-бытовом хозяйстве, а также применяется в качестве сырья для химической промышленности и расходуется прочими потребителями [1]. В связи с неизбежным сокращением запасов коксующихся углей постоянно растет потребность металлургии и коксохимии в чистых углеродных материалах [2]. Появление новых технологий выработки стали, принципиально отличающихся от классического доменного производства и современных коксохимических технологий, возродило интерес к средне- и мелкодисперсным углеродным материалам, которые должны быть максимально обезвожены перед процессом их транспортировки и последующего использования в качестве сырья для коксохимии или горючего материала. Как правило, обезвоживание угля или угольной пульпы может проходить естественным способом, на грохотах, с помощью центрифуг на ленточных пресс-фильтрах и иными физическими способами, такими как фильтрование под вакуумом или при повышенном давлении [3]. Анализ имеющихся данных показывает, что наиболее полное удаление влаги может достигается применением не только физических, но и сочетанием их с химическими методами. Поэтому в настоящей работе авторы предлагают обрабатывать поверхностно-активными веществами крупно-, средне- и мелкодисперсные углематериалы для их максимального обезвоживания до и после процессов технологической транспортировки, а также перед непосредственным использованием в качестве топлива или сырья для коксохимических и иных процессов их переработки.

Рядом авторов неоднократно показывалась эффективность и универсальность поверхностно-активных веществ (ПАВ) в процессе обезвоживания угля, однако в большинстве случаев предлагаемые ПАВ только увеличивали скорость фильтрования и незначительно снижали влажность угля или осадка - углешлама. Кроме того, стоимость указанных реагентов довольно высока [4].

Чтобы выявить возможности применения для этой цели дешевых синтетических продуктов, были выполнены поисковые работы по синтезу поверхностно-активных веществ на основе производных таллового масла, полученного из древесины (отход целлюлозно-бумажного производства), а также отходов переработки отработанных нефтяных минеральных масел после их очистки и разгонки под атмосферным давлением или вакуумом с последующим омылением полученных в ходе разгонки окисленных нефтепродуктов.

В ходе выполнения работы из-за введенных экономических санкций против Российской Федерации и общемирового роста цен на масло-жировое сырье, отходы масляного сырья растительного происхождения, включая и талловые продукты, резко повысились в цене, в

то время как отходы минеральных нефтяных масел из-за перехода силовых агрегатов современных автомобилей на электрическую тягу практически остались невостребованными, резко упали в цене, и в настоящее время требуют незамедлительной переработки или утилизации.

В качестве исходного нефтяного сырья были испытаны образцы отработанных минеральных масел, полученных путем смешения масел извлеченных из картеров автомобилей с искровым зажиганием (образец 1), а также автомобилей, работающих на дизельном топливе – автобусов (образец 2) и грузовых тягачей (образец 3) с добавкой отработанного масла из коробки передач. Масла очищались традиционными способами, а после этого были подвергнуты разгонке на отдельные фракции, данные приведены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристика различных образцов исходного сырья и ряд их физико-химических свойств после разгонки и последующей очистки

Показатели	Образцы		
	1	2	3
Фракционный состав, %, °С:			
н. к.	180	362	419
5 % выкипает при температуре	186	426	437
10 % выкипает при температуре	192	447	458
20 % выкипает при температуре	197	464	476
30 % выкипает при температуре	203	473	498
40 % выкипает при температуре	209	484	513
50 % выкипает при температуре	215	500	520
60 % выкипает при температуре	223	515	—
70 % выкипает при температуре	228	531	—
80 % выкипает при температуре	231	547	—
90 % выкипает при температуре	238	552	—
к. к.	254/96	556/88	520/58
Плотность ρ_4^{20}	0,8197	0,8462	0,8561
Температура застывания, С°	Ниже 60	Ниже 57	Ниже 52
Химический состав, % мас.:			
Ароматические	0,4	31,4	4,1
Парафино-нафтоновые	99,6	66,1	93,5
Асфальто-смолистые	—	2,5	2,4

Первый образец представлял собой фракцию, выкипающую в пределах 180–254 °С. Из-за высокого содержания ароматических углеводородов (до 17 % мас.) фракция была подвергнута адсорбционной очистке в растворе пропана. В качестве адсорбента использовался но-

ситель алюмосиликатного катализатора крекинга, применяющийся при производстве промышленного образца цеолитсодержащего катализаторов. После адсорбционной очистки содержание ароматических углеводородов в указанной фракции снизилось до 0,4 % мас., а содержание парафино-нафтеновых углеводородов повысилось до 99,6 % мас.

Второй образец исходного сырья после разгонки представлял собой нефтепродукт, выкипающий в пределах 362–556 °С. После проведенного химического анализа было установлено, что разогнанная фракция характеризовалась сравнительно высоким содержанием малокольчатых и многокольчатых ароматических соединений – 31,4 % мас.

Третий образец представлял собой высококипящий продукт, выкипающий при 520 °С только на 58 % и состоящий на 93,5 % мас. из парафино-нафтеновых углеводородов (см. табл. 1).

В дальнейшем все полученные образцы были подвергнуты окислению на стандартной опытной установке с применением в качестве катализатора перманганата калия [5].

Таблица 2. Характеристика оксидатов

Функциональные числа	Образец		
	1	2	3
Кислотное число, мг КОН/мг	65	56	35
Эфирное число, мг КОН/мг	58	59	66
Число омыления, мг КОН/мг	120	110	90
Карбонильное число, мг КОН/мг	53	41	38
Йодное число, г I ₂ /100 г	3	5	7

Полученные оксидаты, характеристика которых приведена в таблице 2, омыляли 25 %-ным водным раствором едкого натра при температурах от 90 до 95 °С в течение трех часов. После этого в первом образце путем отстаивания были отделены неомыляемые вещества. Во втором и третьем образцах неомыляемые вещества не отделялись, поскольку при отстаивании четкого расслоения этих продуктов не наблюдалось.

Полученные продукты были опробованы в качестве добавок при обезвоживании флотоконцентратов на углеобогадательной фабрике.

Добавка продуктов проводилась в виде 2,5 %-ных водных смесей в различных количествах. Результаты опробования показали, что добавление первого образца в количестве 4 кг на 1 т твердого угля увеличило скорость фильтрации в 2,6 раза, при абсолютном снижении влажности на 4,4 % (таблица 3). При применении второго образца аналогичная скорость фильтрации была достигнута при расходе 1 кг продукта на 1 т, причем снижение влажности составило 5,7 %. Применение третьего образца в этом же количестве снизило влажность только на 2,4 % без увеличения скорости фильтрации.

Таблица 3. Результаты опытов по обезвоживанию флотоконцентратов с добавкой различных реагентов

Реагент	Расход реагента		Конечная влажность, %	Абсолютное снижение влажности, %	Время фильтрования, сек
	кг/т	кг/м ³			
Образец 1 (2,5%-ный раствор)	0,5	0,2	21,4	0,6	30
	0,7	0,28	20,2	1,8	20
	1,0	0,4	18,5	3,5	20
	2,0	0,8	19,6	2,4	20
	3,0	1,2	17,6	3,4	15
	4,0	1,6	18,8	3,8	15
	5,0	1,8	17,7	4,4	35
Образец 2 (2,5%-ный раствор)	0,5	0,2	17,9	4,1	15
	1,0	0,4	16,2	5,4	15
	2,0	0,8	16,5	5,5	15
	3,0	1,2	16,8	5,6	15
	4,0	1,6	17,2	5,7	35
Образец 3 (2,5%-ный раствор)	0,5	0,2	21,8	0,3	20
	1,0	0,4	21,6	0,5	20
	2,0	0,8	21,5	0,6	20
	3,0	1,2	20,6	1,5	20
	4,0	1,6	21,6	1,3	20
	5,0	1,8	21,1	2,4	20

Результаты испытаний трех полученных реагентов показали, что наибольший эффект обезвоживания получен при добавке образца 2 в количестве не менее 1 кг на 1 т флотоконцентрата. При этом абсолютное снижение влажности достигает 5,4 %, а скорость фильтрации увеличивается в 2,6 раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. URL: <https://metalspace.ru/education-career/osnovy-metallurgii/koks/1598-podgotovka-uglej.htm>
2. Гаркушин, Ю.К. Современное состояние теории механического обезвоживания и методов его интенсификации // Збагачення корисних копалин. Наук. техн. зб. – 2001. – Вип. 12 (53). – С. 39-47.
3. Козлов, В.А. Обезвоживание угольного шлама в фильтрующих центрифугах // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2013. – № 3. – С. 166-171.
4. Благова, И.С. Справочник по обогащению углей: справочник / под ред. И. С. Благова, А. М. Коткина, Л. С. Зарубина; 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1981. – 615 с.
5. Соловьев В.В. Жидкофазное окисление жирных кислот C18 и их метиловых эфиров / В.В. Соловьев, Е.И. Филимонова, Б.Н.Бычков, Л.М. Соболева, Р.Р. Асланян // Химия и хим. технология: Известия вузов. – Иваново. – 2001. – Т. 44, вып. 6. – С. 130-131.