

На правах рукописи



Побегалова Екатерина Олеговна

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ЛИТЕЙНОГО КОКСА
НА ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

05.02.23 – Стандартизация и управление качеством
продукции

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Магнитогорск - 2021

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им Г.И. Носова»

Научный руководитель: Иванова Валерия Анатольевна,
доктор технических наук, доцент

Официальные оппоненты: Ивахненко Александр Геннадьевич, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», кафедра электроснабжения, ведущий научный сотрудник
Еремин Александр Ярославович, канд. техн. наук, доцент, «Восточный научно-исследовательский углехимический институт», углекислотный отдел, заведующий

Ведущая организация: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», г. Санкт-Петербург

Защита состоится 25 мая 2021 года в 16.00 на заседании диссертационного совета Д 212.111.05 на базе ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова» по адресу: 455000, г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38, МГТУ, малый актовъый зал

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» и на сайте <http://www.mgtu.ru>

Автореферат разослан « _____ » _____ 2021 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Полякова Марина Андреевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Литейный кокс получают методом рассева каменноугольного кокса с выделением классов крупности 60 мм и более и применяют в процессе плавки чугуна при производстве отливок различного назначения.

Оценка качества литейного кокса позволяет получить достоверные данные о его потребительских свойствах, обеспечивающих требуемые состав и температуру выплавляемого чугуна, энергоэффективность плавки, дренажную способность столба шихты.

В настоящее время характеристики качества литейного кокса установлены межгосударственным стандартом ГОСТ 3340-88 и техническими условиями, но, несмотря на это, потребители не удовлетворены его качеством. Это свидетельствует о том, что нормируемые показатели качества не отражают потребительские свойства литейного кокса. Кроме того, большое значение при оценке характеристик качества литейного кокса имеют методы испытаний, условия которых должны соответствовать условиям применения литейного кокса, т.е. плавки чугуна в вагранке. Значения показателей (характеристик) качества литейного кокса, указанные в сопроводительных документах, не являются стабильными и изменяются на различных этапах жизненного цикла – в процессе хранения и доставки от изготовителя до потребителя, что осложняет разработку методов испытаний для их оценки.

В связи с этим возникает необходимость в исследовании динамики свойств, характеризующих качество литейного кокса на всех стадиях жизненного цикла, что позволит выявить перечень характеристик качества и разработать соответствующие методы испытаний.

Степень разработанности темы исследований. Проблемы качества каменноугольного кокса рассмотрены такими авторами, как В.И. Бабанин, Д.А. Мучник, Б.А. Онусайтис, С.И. Пинчук, К.И. Сысков, М.Л. Улановский, П.А. Щукин, Ф.Л. Шапиро и др. Результаты исследований в области качества литейного кокса отражены в работах В.А. Ивановой, П.Я. Нефедова, И.Ф. Селянина. Вопросы, связанные с подходами к оценке качества продукции рассматривали Г.Г. Азгальдов, Ю.П. Адлер, А.Г. Ивахненко, А.Г. Корчунов, Г.Ш. Рубин и др. Разработкой вопросов плавки чугуна в коксовой вагранке занимались В.А. Грачев, И.Ф. Селянин, Ю.С. Сухарчук, А.К. Юдкин. Исследования технологии производства и свойств каменноугольного кокса проводили А.А. Агроскин, А.Я. Ерёмин, Р.Е. Лейбович, Р. Луазон.

Несмотря на проработанность темы, вопросы изменения характеристик качества литейного кокса на различных этапах жизненного цикла не нашли подробного отражения в исследованиях. Поэтому важной и актуаль-

ной остается задача разработки методов оценки характеристик качества литейного кокса в условиях, сопоставимых с условиями процессов его жизненного цикла.

Целью диссертационной работы является разработка и научное обоснование методических основ оценки качества литейного кокса в условиях изменения характеристик качества на этапах жизненного цикла.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- 1) научно обосновать перечень характеристик качества литейного кокса на основе классификации свойств и параметров;
- 2) разработать информационную модель изменения характеристик качества литейного кокса на этапах жизненного цикла;
- 3) разработать научно обоснованный подход к оценке качества литейного кокса в условиях изменения характеристик качества на этапах жизненного цикла;
- 4) провести анализ особенностей проведения методов испытаний для оценки характеристик качества литейного кокса на соответствие условиям его применения на этапах жизненного цикла;
- 5) разработать методы и средства испытаний для оценки характеристик качества литейного кокса на этапах жизненного цикла.

Научная новизна работы.

1. Разработан научный подход к установлению требований к качеству литейного кокса, основанный на упорядочении терминов и их определений, классификации его свойств и систематизации параметров, характеризующих эти свойства, позволяющий формировать перечень характеристик качества на основании требований потребителей.

2. Разработана система классификации, определены классификационные признаки и проведена классификация свойств и параметров литейного кокса с учетом требований потребителей, что позволяет повысить согласованность требований между производителем и потребителем к качеству литейного кокса.

3. Разработана система оценки качества литейного кокса на этапах жизненного цикла, основанная на выборе показателей и методов испытаний для оценки характеристик качества, позволяющая оценить изменение качества литейного кокса на стадиях «Поставка потребителю» и «Применение».

Теоретическая и практическая значимость работы состоит в следующем.

1. Проведены работы по классификации свойств и параметров литейного кокса, позволяющие достичь упорядоченности в применении терминов и определений, а также ввести два новых свойства «способность к поддержанию температуры плавки» и «способность к изменению химического состава чугуна».

2. Разработана информационная модель динамики характеристик качества литейного кокса на стадиях жизненного цикла, на основе которой установлено, что формирование свойств литейного кокса происходит на стадиях «Закупки» и «Производство»; изменение свойств – на стадиях «Производство», «Поставка потребителю», «Применение».

3. Разработаны методы оценки качества литейного кокса на стадии «Применение» – метод испытаний и показатель R_T , позволяющие оценить разрушение литейного кокса различных классов крупности при транспортировании железнодорожным транспортом на различные расстояния; метод испытаний, испытательное оборудование и показатель R_3 , позволяющие оценить прочность литейного кокса при загрузке в вагранку металлической части шихты.

4. В результате экспериментальных исследований установлено, что в условиях транспортирования железнодорожным транспортом литейный кокс класса крупности 80 мм и более разрушается до классов крупности 60-80 мм и менее 40 мм; а при транспортировании и хранении на шихтовом дворе в условиях повышенной влажности окружающей среды влажность литейного кокса товарной крупности достигает 10 % и более, при этом наибольшее повышение влажности характерно для литейного кокса класса крупности 60-80 мм.

5. Результаты диссертационной работы внедрены в ПАО «Автодизель» (ЯМЗ), в ФГБОУ ВО «Ярославский государственный технический университет» в учебном процессе по направлениям подготовки 22.03.01, 22.04.01 – Материаловедение и технологии материалов, 27.03.01, 27.04.01 – Стандартизация и метрология.

Методология и методы исследования. Теоретические исследования проводили с использованием методов системного и статистического анализа, методов стандартизации (классификация, систематизация и упорядочение), планирования эксперимента. Экспериментальные исследования осуществляли с использованием промышленных образцов литейного кокса, средств измерений и аттестованного испытательного оборудования.

Положения, выносимые на защиту.

1. Система классификации свойств и параметров литейного кокса, включающая: метод классификации – иерархический; классификационный признак – природа проявления свойств; принцип классификации – ориентация на требования потребителей к качеству выплавляемого чугуна; классификацию свойств и параметров литейного кокса.

2. Новые методы испытаний для оценки характеристик качества литейного кокса на стадиях жизненного цикла «Поставка потребителю» и «Применение» и характеризующие их параметры: показатель разрушения литейного кокса при транспортировании R_T ; показатель влажности литейного кокса товарной крупности при транспортировании и хранении $W_{т.к.}$; показатель

прочности литейного кокса при загрузке в вагранку металлической части шихты Р₃.

3. Методика оценки уровня качества литейного кокса в условиях жизненного цикла, основанная на выборе показателей характеристик качества и методов испытаний на каждом этапе жизненного цикла.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность результатов исследований, полученных экспериментальным путем, обеспечивают использование стандартных статистических методов обработки результатов прямых многократных измерений, а также применение стандартных методик расчета погрешностей прямых и косвенных измерений. Результаты исследований были опубликованы в печатных изданиях. Основные положения диссертации представлены и обсуждены на следующих Международных научно-практических конференциях: «Литейное производство сегодня и завтра» (г. Санкт-Петербург, 2012 г.), «Наука и образование - ведущие факторы Стратегии «Казахстан – 2050» (г. Караганда, 2013 г.), «Научно-технический прогресс в черной металлургии» (г. Череповец, 2015, 2017 гг.), «Управление качеством» (г. Москва, 2016, 2017, 2018, 2020 гг.), «Детали машиностроения из чугуна с вермикулярным графитом: свойства, технология, контроль» (г. Набережные Челны, 2017 г.), «Наука и технологии модифицирования чугуна» (г. Набережные Челны, 2018 г.); Всероссийской научно-технической конференции студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием (г. Ярославль, 2014, 2015, 2016, 2019, 2020 гг.); Всероссийских научно-технических конференциях с международным участием «Наследственность в литейно-металлургических процессах» (г. Самара, 2018 г.), «Управление качеством в образовании и промышленности» (г. Севастополь, 2019 г.); научно-практической конференции «Современное состояние науки и практики в областях стандартизации, метрологии и управления качеством в Российской Федерации» (г. Владимир, 2015 г.); Всероссийской научно-практической конференции «Техническое регулирование, метрологическое обеспечение и управление качеством в коксохимическом производстве» (г. Ярославль, 2020 г.).

Область исследования. Диссертационная работа выполнена в соответствии с паспортом специальности 05.02.23 – Стандартизация и управление качеством продукции: п. 1 «Методы анализа, синтеза и оптимизации, математические и информационные модели состояния и динамики качества объектов», п. 2 «Стандартизация, метрологическое обеспечение, управление качеством и сертификация», п. 3 «Методы стандартизации и менеджмента (контроль, управление, обеспечение, повышение, планирование) качества объектов и услуг на различных стадиях жизненного цикла продукции».

Объект и предмет исследований. Объектом исследования является качество литейного кокса на этапах жизненного цикла, предметом – оценка качества литейного кокса на этапах жизненного цикла.

Публикации. По теме диссертации автором опубликовано 35 работ, из них 5 статей опубликованы в российских рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК, 9 публикаций в изданиях, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования Web of Science и Scopus.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 177 наименований. Текст диссертации изложен на 142 страницах и содержит 22 рисунка, 41 таблицу, 11 формул, 2 приложения на 2 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении приведена актуальность выбранной темы и степень ее разработанности, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, методология и методы исследований, положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробация результатов.

В первой главе разработан подход к установлению требований к качеству литейного кокса, основанный на принципах менеджмента качества, закрепленных в ГОСТ Р ИСО 9001-2015 и других стандартах серии, и включающий упорядочение терминов и их определений применительно к литейному коксу, классификацию его свойств и систематизацию параметров, характеризующих эти свойства, а также установление перечня характеристик качества литейного кокса на основании требований потребителей.

Для определения динамики характеристик качества литейного кокса на основе анализа национальных и межгосударственных стандартов построен жизненный цикл (ЖЦ) литейного кокса, содержащий 6 стадий и 16 этапов (рисунок 1).

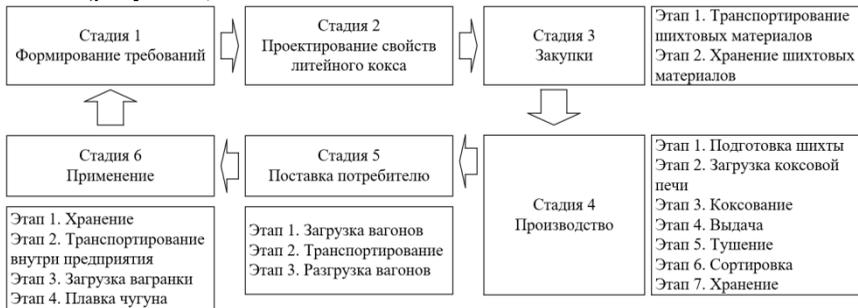


Рисунок 1 – Жизненный цикл литейного кокса

В главе 2 в рамках реализации подхода к установлению требований к качеству литейного кокса разработана система классификации свойств и

параметров литейного кокса. Для классификации свойств литейного кокса был выбран иерархический метод, в качестве классификационного признака – природа проявления свойств литейного кокса. На верхних уровнях классификации находятся укрупненные группы свойств, выделенные по признаку влияния на него определённых сил и полей: физические, химические и физико-химические. В процессе классификации выделяли в первую очередь те свойства литейного кокса, которые непосредственно влияют на качество выплавляемого чугуна. В процессе классификации также были упорядочены термины в области каменноугольного кокса применительно к коксу литейному.

При классификации химических свойств литейного кокса в данной работе было введено два новых свойства. Свойство «Способность к изменению химического состава чугуна», характеризующееся рядом параметров литейного кокса, непосредственно влияющих на химический состав чугуна в процессе плавки, например, на содержание фосфора, общей серы, углерода, кремния и т.д. Свойство «Способность к обеспечению плавки теплом» введено для объединения параметров, влияющих на температуру чугуна в процессе плавки в вагранке, и характеризуется выходом летучих веществ, теплотой сгорания, зольностью и массовой долей углерода.

В результате классификации для каждого свойства был получен перечень параметров с указанием методов испытаний, который применяли в дальнейшем при построении информационной модели изменения характеристик качества литейного кокса на этапах ЖЦ.

В главе 3 разработана информационная модель динамики свойств (характеристик качества) литейного кокса, представляющая собой порядок изменения характеристик литейного кокса «прогнозируется – формируется – изменяется – проявляется по назначению» на стадиях ЖЦ. На стадии «Формирование требований» на основании описания процессов, происходящих при загрузке вагранки и плавки чугуна, выявлены требования к качеству литейного кокса в соответствии с классификацией, разработанной в главе 2.

В результате построения информационной модели установлено, что формирование свойств литейного кокса у производителя начинается на стадии «Закупки» и заканчивается на этапе «Сортировка» стадии «Производство» (см. рисунки 1 и 2). Последними формируемыми свойствами являются влажность, дренажная способность, прочность при комплексном нагружении и динамических нагрузках. Начиная с этапа «Хранение» стадии «Производство», свойства литейного кокса начинают изменяться. Изменяются такие свойства, как влажность, дренажная способность, прочность при комплексном нагружении и при динамических нагрузках (см. рисунки 1 и 2).

На основании построенной информационной модели предложен новый подход к оценке качества литейного кокса на этапах его ЖЦ, заключающийся в выборе параметра, позволяющего оценить характеристику качества на каждом этапе в отдельности в зависимости от условий, в которых

В главе 4 представлены разработанные методы оценки прочности и влажности литейного кокса на стадии ЖЦ «Поставка потребителю».

Прогноз изменения прочности и гранулометрического состава литейного кокса в процессе транспортирования может являться одним из критериев выбора поставщика. С этой целью разработан метод оценки прочности литейного кокса при транспортировании. Испытания проводят на вибрационном электродинамическом стенде УВЭ-100/5-300 с максимальной амплитудой виброускорения $29,4 \text{ м/с}^2$ (3g) и частотой вибрации 30 Гц. Показатель разрушения литейного кокса при транспортировании P_T (%) рассчитывают по формуле

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

где m_1 – масса образца литейного кокса до испытаний, г; m_2 – масса образца литейного кокса после испытаний, г.

В качестве апробации разработанного метода были проведены испытания образцов литейного кокса различной крупности 3-х партий двух поставщиков (партия 1/1 – поставщик 1, партии 1/2 и 1/3 – поставщик 2): 40-60 мм, 60-80 мм, 80 мм и более. Образцы партий 1/1 и 1/2 по данным сертификатов качества, выданных коксохимическими предприятиями, соответствовали требованиям ГОСТ 3340-88, а партии 1/3 – ТУ 0761-032-00187852-2015. Отбор проб проводили в соответствии с ГОСТ 23083-78. Значения показателя P_T определяли при проведении испытаний в условиях, соответствующих расстояниям транспортирования 300, 900, 1500 и 2100 км, общее время испытаний составило 1 час 10 мин. Полученные значения погрешности косвенных измерений показателя разрушения литейного кокса при транспортировании P_T не превышает 0,014. Гранулометрический состав рассчитывали в соответствии с требованиями ГОСТ 5954.1-91. Влияние расстояния транспортирования литейного кокса на величину показателя разрушения P_T представлено на рисунке 3.

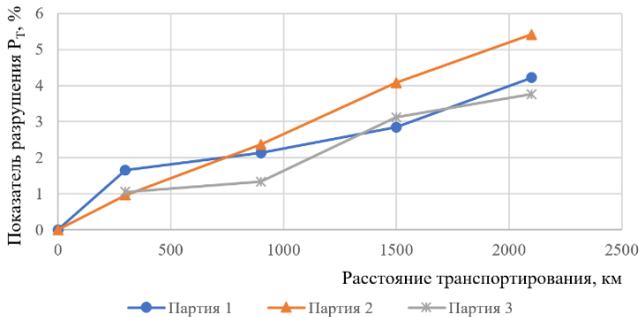


Рисунок 3 – Влияние расстояния транспортирования на показатель разрушения литейного кокса для различных партий

В результате испытаний установлено, что при транспортировании на расстояния свыше 2000 км литейный кокс прочностью 82,6 % (партия 1/3, поставщик 1) разрушился меньше всего. При транспортировании литейного кокса на расстояния более 900 км и до 1500 км происходит наиболее интенсивное разрушение образцов партий 1/2 и 1/3 партии (поставщик 2). По сравнению с транспортированием на расстояния от 300 до 900 км для партии 1/2 разрушение увеличилось в 1,2 раза, а для партии 1/3 – в 6,1 раза. При увеличении расстояния транспортирования с 900 км до 2500 км показатель разрушения P_r увеличивается для всех партий на 2,1-3,0 %.

Исследования гранулометрического состава (таблица 1) показали снижение содержания класса крупности 80 мм и более в среднем на 10 % для партий 1/1 и 1/2. При этом наблюдалось образование класса крупности менее 40 мм для всех партий.

Неоднозначность результатов может быть связана с различиями свойств кокса, которые вызваны исходной угольной шихтой и технологией коксования на различных коксохимических предприятиях. В связи с этим на основании значений показателей качества по ГОСТ 3340-88 затруднительно дать оценку причин подобного разрушения литейного кокса при транспортировании. По этой причине необходимо учитывать, что характер разрушения литейного кокса при транспортировании при сопоставимых значениях показателей качества литейного кокса, указанных в сопроводительных документах, изменится при смене поставщика.

Таблица 1 – Изменение гранулометрического состава литейного кокса различных партий в зависимости от пройденного расстояния при транспортировании

№ партии	Класс крупности, мм	Расстояние при транспортировании, км				
		0	300	900	1500	2100
		Гранулометрический состав, %				
1/1	менее 40	0	0	0	1,44	1,41
1/2		0	0,42	0,42	0,42	0,43
1/3		0	0,25	0,25	0,25	0,25
1/1	80 и более	60,57	51,1	51,09	51,24	51,38
1/2		63,05	62,63	53,66	53,32	53,32
1/3		65,51	65,58	65,64	65,76	65,81

Транспортирование литейного кокса в открытых вагонах способствует непрерывному воздействию на него внешних факторов, что в первую очередь влияет на изменение его влажности. Метод оценки влажности в данном случае должен учитывать крупность литейного кокса, что позволит прогнозировать увеличение содержания влаги в коксе у потребителя. Разработанный метод оценки влажности литейного кокса товарной крупности предусматривает

нагрев образцов литейного кокса до температуры 200 °С и выдержку их при этой температуре до получения постоянной массы. Далее определяют массовую долю общей влаги литейного кокса товарной крупности по формуле

$$W_{\text{т.к.}} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100, \quad (3)$$

где $W_{\text{т.к.}}$ – массовая доля влаги образца литейного кокса товарной крупности, %; m_1 , m_2 – масса образца до и после нагрева, соответственно, г.

Для апробации разработанного метода отбирали образцы пяти различных партий и трех классов крупности – 40-60 мм, 60-80 мм, 80 мм и более. Перед началом исследования образцы литейного кокса хранили в помещении и имели минимальную влажность. Образцы помещали на открытый воздух для имитации условий транспортирования в открытых вагонах, осуществляли измерение массы образцов и влажности воздуха на момент измерения массы, фиксировали динамику изменения влажности воздуха в течение дня с использованием данных метеорологической службы. Затем образцы просушивали в муфельных печах и определяли значение массовой доли влаги образца литейного кокса товарной крупности.

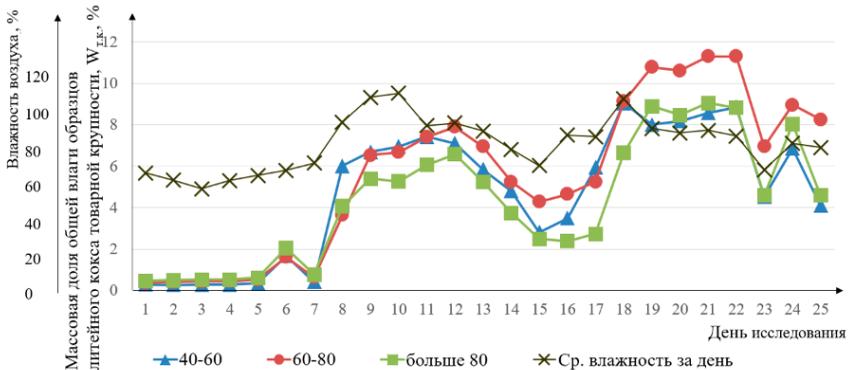


Рисунок 4 – Влияние влажности окружающей воздуха на значение массовой доли общей влаги образцов литейного кокса различных классов крупности

Результаты проведенных исследований свидетельствуют том, что высокая влажность воздуха и выпадение осадков приводят к повышению содержания в образцах литейного кокса массовой доли общей влаги до 10 % и более (рисунок 4). Установлено, что содержание влаги в образцах литейного кокса при увеличении влажности окружающей среды резко возрастает, при этом со снижением влажности воздуха уменьшение содержания влаги в литейном коксе происходит значительно медленнее. Наименьшее значение массовой доли общей влаги в среднем наблюдалось для образцов

класса крупности 80 мм и более. Разработанный метод рекомендуется применять для оценки влажности литейного кокса на этапе ЖЦ «Хранение» стадии «Потребление» (см. рисунок 1).

В главе 5 приведено описание разработанного метода оценки прочности литейного кокса на стадии «Применение» (см. рисунок 1).

С целью имитации условий загрузки литейного кокса в вагранку была разработана экспериментальная испытательная установка (рисунок 5). Для испытаний отбирали образцы литейного кокса классов крупности 60-80 мм и 80 мм и более различных партий. Образец литейного кокса взвешивали, после чего закрепляли в ящике 3. В трубе 4 на необходимой высоте с помощью лебедки 2 устанавливают груз 1. Затем груз отсоединяют от лебедки, и он падает на образец литейного кокса. Конструкция установки предусматривает падение грузов массой от 5 до 30 кг с высоты от 0,4 до 1,6 м. После удара содержимое ящика, за исключением коксовой мелочи, помещают в контейнер и взвешивают. Для оценки разрушения литейного кокса при загрузке вагранки введен показатель P_3 (%)

$$P_3 = \frac{m_1 - (m_2 - m_3)}{m_1} \cdot 100\%, \quad (4)$$

где m_1 , m_2 – масса образца до и после испытаний соответственно, г; m_3 – масса контейнера, г.

После испытаний осуществляли оценку крупности литейного кокса.

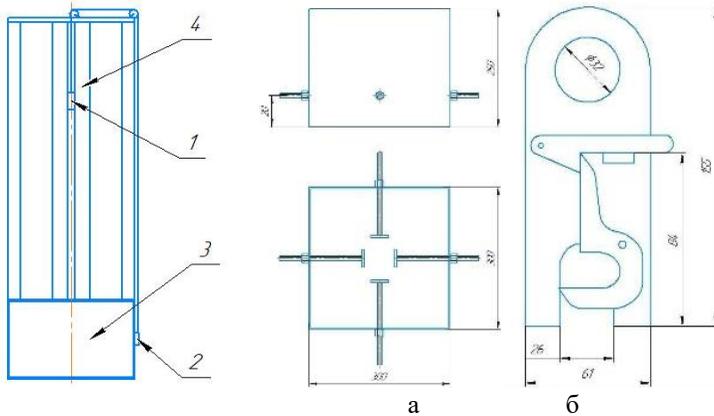


Рисунок 5 – Схема испытательной установки для оценки прочности литейного кокса в процессе загрузки вагранки:

- 1 – груз; 2 – лебедка; 3 – ящик с образцом литейного кокса; 4 – труба;
- а – эскиз ящика с системой крепления литейного кокса;
- б – эскиз крепежного механизма

Данный метод позволяет оценить прочность литейного кокса в процессе загрузки вагранки при падении на него составляющих металлической

шихты с целью прогноза изменения гранулометрического состава, и, соответственно, газопроницаемости столба шихты при плавке.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Разработана система классификации и проведена работа по классификации свойств литейного кокса по признаку «Природа проявления свойств», на основе которой введены два новых свойства литейного кокса «Способность к изменению химического состава чугуна», «Способность к поддержанию температуры плавки», а также систематизированы параметры, характеризующие свойства литейного кокса.

2. На основе построенного ЖЦ литейного кокса разработана информационная модель изменения характеристик качества литейного кокса на стадиях ЖЦ. В результате установлено, что формирование свойств литейного кокса начинается на стадии «Закупки» и заканчивается на этапе «Сортировка» стадии «Производство», а с этапа «Хранение» стадии «Производство» свойства литейного кокса изменяются.

3. Разработан подход к оценке качества литейного кокса на этапах ЖЦ, результатом которого является методика оценки уровня качества, основанная на выборе показателей и методов испытаний для оценки характеристик качества с учетом условий процессов ЖЦ.

4. Разработан метод оценки изменения прочности литейного кокса при его транспортировании в зависимости от расстояния. Введен показатель оценки разрушения литейного кокса при транспортировании R_t , позволивший установить, что содержание класса крупности 80 мм и более при транспортировании на расстояние 2100 км снижается в среднем на 6,2 %, а классов крупности 60-80 мм и менее 40 мм в среднем увеличивается на 5,6 % и 0,7 % соответственно.

5. Разработан метод оценки изменения влажности литейного кокса товарной крупности на этапах «Транспортирование» и «Хранение». Введен показатель, оценивающий влажность литейного кокса товарной крупности при транспортировании и хранении $W_{т.к.}$. Установлено, что при транспортировании в железнодорожных вагонах и хранении на шихтовом дворе в условиях повышенной влажности окружающей среды фактическая влажность литейного кокса товарной крупности значительно превышает допустимые значения по ГОСТ 3340-88 и может достигать 10 % и более. Массовая доля общей влаги образцов товарной крупности увеличивается в 11-22 раза при увеличении влажности воздуха на 40 % в зависимости от класса крупности. Литейный кокс класса 60-80 мм накапливает влагу более значительно.

6. Разработана испытательная установка и метод оценки прочности литейного кокса в процессе загрузки вагранки и плавки чугуна. Сущность

метода заключается в падении на образцы литейного кокса грузов массой от 5 до 30 кг с высоты от 0,4 до 1,6 м. Введен показатель «Разрушение литейного кокса при загрузке вагранки составляющими металлической части шихты Р₃».

СПИСОК РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК

1. Влияние нагрева на структуру литейного кокса / В.А. Иванова, О.П. Яблонский, Д.Э. Пухов, Е.О. Шамина (Е.О. Побегалова) // Вестник Рыбинского государственного авиационного технического университета имени П.А. Соловьева. – 2014. – № 4 (31). – С. 22-25.

2. Иванова, В.А. Оптимизация показателей качества литейного кокса на основе стандартизации / В.А. Иванова, К.Н. Вдовин, Е.О. Шамина (Е.О. Побегалова) // 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 (Е.О. Побегалова) // Литейное производство. – 2018. – № 2. – С. 6-8.

4. Иванова, В.А. Влияние условий транспортировки на качество литейного кокса / В.А. Иванова, Е.О. Шамина (Е.О. Побегалова) // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2018. – № 4. – Т. 20. – С. 18-24.

5. Побегалова, Е.О. Разработка жизненного цикла литейного кокса / Е.О. Побегалова, В.А. Иванова, Н.А. Костенко // Литейщик России. – 2020. – № 12. – С. 13-17.

Статьи в журналах, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования Web of Science и Scopus

6. Иванова, В.А. О методах оценки качества литейного кокса / В.А. Иванова, Е.О. Шамина (Е.О. Побегалова) // Кокс и химия. – 2014. – № 6. – С. 28-33.

7. Иванова, В.А. Зависимость влажности литейного кокса от его свойств и влажности окружающей среды / В.А. Иванова, Е.О. Шамина (Е.О. Побегалова) // Черные металлы. – 2018. – № 6 (1038). – С. 6-10.

8. Ivanova, V.A. Effects of Environmental Humidity on the Moisture Content of Casting Coke / V.A. Ivanova, E.O. Shamina (E.O. Pobegalova) // Solid Fuel Chemistry. – 2018. – Vol. 52. – No. 6. – PP. 387–391.

9. Иванова, В. А. Систематизация свойств и параметров литейного кокса. Часть 1. Химические и физико-химические свойства / В. А. Иванова, Е. О. Побегалова // Черные металлы. – 2019. – № 8 (1052). – С. 4-9.

10. Иванова, В. А. Систематизация свойств и параметров литейного кокса. Часть 2. Физические свойства / В. А. Иванова, Е. О. Побегалова // Черные металлы. – 2019. – № 10 (1054). – С. 33-37.

11. Иванова, В.А. Влияние свойств литейного кокса на его разрушение при транспортировании / В.А. Иванова, Е.О. Побегалова // Химия твердого топлива. – 2020. – № 2. – С. 66-70.

12. Иванова, В.А. Влияние жизненного цикла на качество литейного кокса. Стадия «Поставка потребителю» / В.А. Иванова, Е.О. Побегалова // Черные металлы. – 2020. – № 4. – С. 9-12.

13. Pobegalova, E.O. Impact of transportation on foundry coke quality / E.O. Pobegalova, V.A. Ivanova // Izvestiya Ferrous Metallurgy. – 2020. – Vol. 63. – No. 10. – PP. 823-828.

14. Pobegalova, E.O. Influence of transportation in railway cars of foundry coke on its quality / E.O. Pobegalova, V.A. Ivanova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – Vol. 986. – No. 1. – Art. no. 0120033.

Статьи в других изданиях

15. Иванова, В.А. Методы оценки качества литейного кокса / В.А. Иванова, Е.О. Шамина (Е.О. Побегалова) // Труды 10-й Международной научно-практической конференции «Литейное производство сегодня и завтра». – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2014. – С. 93-103.

16. Иванова, В. А. Об актуализации межгосударственного стандарта ГОСТ 3340-88 «Кокс литейный. Технические условия» / В.А. Иванова, Е.О. Шамина (Е.О. Побегалова) // Труды Международной научно-практической конференции «Наука и образование - ведущие факторы Стратегии «Казахстан – 2050» (Сагиновские чтения № 5), 20-21 июня 2013 г. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2013. – Часть 1. – С. 208-210.

17. Вовк, Л.А. Исследование влияния крупности на величину электросопротивления литейного кокса / Л.А. Вовк, В.А. Иванова, Е.О. Шамина (Е.О. Побегалова) // LXVIII Всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. 22 апреля 2015 г., Ярославль: сб. материалов конф. [Электронный ресурс]. – Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2015. – С. 465-468.

18. Вовк, Л.А. Метод определения электросопротивления литейного кокса / Л.А. Вовк, Е.О. Шамина (Е.О. Побегалова), В.А. Иванова// LXVIII Всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. 22 апреля 2015 г., Ярославль: сб. материалов конф. [Электронный ресурс]. – Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2015. – С. 589-592.

19. Иванова, В.А. О взаимосвязи свойств и структуры литейного кокса / В.А. Иванова, Е.О. Шамина (Е.О. Побегалова) // Научно-технический прогресс в черной металлургии. Материалы международной научно-практической конференции 7-9 октября 2015 года / отв. редактор А.Л. Кузьминов. – Череповец: ФГБОУ ВПО «Череповецкий государственный университет», 2015. – С. 95-97.

20. Иванова, В.А. Об оценке качества литейного кокса величиной электросопротивления / В.А. Иванова, Е.О. Шамина (Е.О. Побегалова) // Современное состояние науки и практики в областях стандартизации, метрологии и управления качеством в Российской Федерации: материалы науч.-практ. конф. 29-30 апр. 2015 г., Владимир / под ред. проф. Ю.В. Баженова. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2015. – С. 105-108.

21. Баранова, П.С. Классификация механических свойств и параметров литейного кокса / П.С. Баранова, В.А. Иванова, Е.О. Шамина (Е.О. Побегалова) // LXIX Всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. 20 апреля 2016 г., Ярославль: сб. материалов конф. [Электронный ресурс]. – Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2016. – С. 679-682.

22. Соснина, П.А. Анализ методов испытаний для определения механических свойств литейного кокса / П.А. Соснина, В.А. Иванова, Е.О. Шамина (Е.О. Побегалова) // LXIX Всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. 20 апреля 2016 г., Ярославль: сб. материалов конф. [Электронный ресурс]. – Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2016. – С. 761-764.

23. Иванова, В.А. Классификация свойств литейного кокса / В.А. Иванова, Е.О. Шамина (Е.О. Побегалова) // Избранные научные труды Международной научно-практической конференции «Управление качеством», 10-11 марта 2016 г. – М.: ПРОБЕЛ-2000, МАИ, 2016. – С. 169-172.

24. Иванова, В.А. Установление требований потребителей к качеству литейного кокса / В.А. Иванова, Е.О. Шамина (Е.О. Побегалова) // Избранные научные труды Международной научно-практической конференции «Управление качеством», 10-11 марта 2016 г. – М.: ПРОБЕЛ-2000, МАИ, 2016. – С. 173-177.

25. Шамина, Е.О. (Е.О. Побегалова) О подходах к улучшению качества процесса плавки чугуна в вагранке / Е.О. Шамина (Е.О. Побегалова), К.И. Порсев, В.А. Иванова // Избранные научные труды 15-й Международной научно-практ. конф. «Управление качеством», 10-11 марта 2016 г. – М.: ПРОБЕЛ-2000, МАИ, 2016. – С. 350-353.

26. Иванова, В.А. Исследование влияния условий хранения на качество литейного кокса / В.А. Иванова, Е.О. Шамина (Е.О. Побегалова) // Избранные научные труды XVI Международной научно-практической конференции «Управление качеством», 14-15 марта 2017 г. – М.: МАИ, 2017. – С. 214-218.

27. Иванова, В.А. Установление требований к качеству литейного кокса с применением методов стандартизации / В.А. Иванова, Е.О. Шамина (Е.О. Побегалова) // Материалы III Международной научной конференции «Научно-технический прогресс в черной металлургии – 2017». – Череповец: ФГБОУ ВПО «Череповецкий государственный университет», 2017. – С. 97-103.

28. Иванова, В.А. Влияние класса крупности на изменение влажности образцов литейного кокса / В.А. Иванова, Е.О. Шамина (Е.О. Побегалова) //

Избранные научные труды XVII Международной научно-практической конференции «Управление качеством». – М.: МАИ, 2018. – С. 404-408.

29. Иванова, В.А. Исследование влияния окружающей среды на влажность литейного кокса / В.А. Иванова, Е.О. Шамина (Е.О. Побегалова) // Литейщик России. – 2018. – № 1. – С. 18-21.

30. Иванова, В.А. Влияние качества литейного кокса на наследственные свойства чугуна ваграночной плавки / В.А. Иванова, Е.О. Побегалова // Наследственность в литейно-металлургических процессах: Материалы 8-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием / отв. редактор проф. В.И. Никитин. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2018. – С.214-220.

31. Иванова, В.А. О жизненном цикле продукции и его влиянии на свойства литейного кокса / В.А. Иванова, Е.О. Побегалова // Управление качеством в образовании и промышленности: сборник статей Всероссийской научно-технической конференции. 16 – 17 мая 2019 г., г. Севастополь / ответственный редактор Белая М.Н. – Севастополь: ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», 2019. – С. 79-84.

32. Костенко, Н.А. Анализ требований к структуре жизненного цикла / Н.А. Костенко, Е.О. Побегалова // LXXII Всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. 24 апреля 2019 г., Ярославль: сб. материалов конф. [Электронный ресурс]. – Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2019. – Часть 2. – С. 473-475.

33. Костенко, Н.А. Анализ испытательного оборудования для оценки прочности литейного кокса / Н.А. Костенко, О.Н. Кочурова, Е.О. Побегалова // LXXIII Всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. 20 апреля 2020 г., Ярославль: сб. материалов конф. [Электронный ресурс]. – Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2020. – Часть 2. – С. 262-265.

34. Побегалова, Е.О. Анализ метрологического обеспечения оценки качества литейного кокса на стадии жизненного цикла «Поставка потребителю» / Е.О. Побегалова // Избранные труды 18-й Международной научно-практической конференции «Управление качеством», 12-13 марта 2020. – М.: Пробел-2000, 2020. – С. 209-213.

35. Побегалова, Е.О. Разработка информационной модели динамики характеристик качества литейного кокса на стадиях жизненного цикла / Е.О. Побегалова, В.А. Иванова, С.А. Шустров // Техническое регулирование, метрологическое обеспечение и управление качеством в коксохимическом производстве»: сб. материалов I Всероссийской науч.-практ. конф., 24 ноября 2020 г. [Электронный ресурс] – Ярославль: Издательство ЯГТУ, 2020. – С. 45-48.